This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

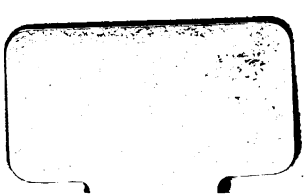
TB
C57

E. Claussen

Die Kleinmotoren

Berlin W
Verlag von Georg Siemens

Library
of the
University of Wisconsin



Die Kleinmotoren,

ihre wirtschaftliche Bedeutung für das Kleingewerbe, ihre Konstruktion und Kosten.

Allgemein verständlich dargestellt

von

E. Clausſen,
Königl. Gewerberat.

Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 82 Abbildungen.

Berlin W.
Verlag von Georg Siemens
1908.

126596
FEB 24 1909
TB
.C57

6725074

Vorwort.

In dem Vorwort zur ersten Auflage habe ich hervorgehoben, daß dieses Buch seine Entstehung den sehr günstig aufgenommenen Vorträgen verdankt, die ich über die „Motoren für die Kleinindustrie" im Verein deutscher Maschineningenieure und in der polytechnischen Gesellschaft in Berlin im Winter 1890/91 gehalten habe. Schon damals vertrat ich die Ansicht, daß die Kleinindustrie auf die Dauer den Konkurrenzkampf mit der Großindustrie nicht ertragen kann und deshalb zwischen beiden sich allmählich eine Trennung in Bezug auf die herzustellenden Gegenstände vollziehen wird. Ferner hob ich hervor, daß der Kleingewerbetreibende aus wirtschaftlichen Gründen mehr und mehr dazu übergehen muß, die bisher vom Menschen geleistete mechanische Arbeit so weit als möglich durch die etwa 40 mal billigere Maschinenarbeit zu ersetzen. Daß die Ansicht richtig ist, beweist das ungeheure Zurückweichen der Kleinbetriebe gegen die Großbetriebe in den Jahren 1882 bis 1895 und die überaus große Zunahme der gewerblichen Arbeiter in den Großbetrieben. Ich will dabei gerne zugeben, daß die Trennung zwischen Klein- und Großbetrieben, wie sie nach den Angaben des statistischen Amtes (alle Betriebe mit 5 und weniger Personen gehören zu den Kleinbetrieben) vorgenommen werden mußte, nicht besonders zutreffend ist.

Mit dem Erscheinen der ersten Auflage sind die Kleinmotoren erheblich vervollkommnet. Namentlich hat die soeben beendigte Industrie- und Gewerbeausstellung in Düsseldorf einen neuen Motor gebracht, den Sauggasmotor, der für die Folge wegen seiner geringen Betriebskosten eine große Bedeutung erlangen dürfte.

Die bisher eingetretenen Verbesserungen und Fortschritte machten eine fast völlige Neubearbeitung der ersten Auflage nötig.

Hiermit übergebe ich die zweite Auflage der Öffentlichkeit mit der Bitte, sie ebenso wohlwollend aufzunehmen, als die erste. Vor allem aber möge sie an ihrem Teile dazu beitragen, die Kleingewerbetreibenden aufzuklären, und mithelfen, diese Personen, die für den Staat so notwendig sind, wirtschaftlich lebensfähig zu erhalten.

Hagen i/W., im Oktober 1902.

E. Clausen.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
§ 1. Wirtschaftliche Bedeutung der Kleinkraftmaschinen	1
§ 2. Einteilung der Kraftmaschinen	8
§ 3. Erklärung von wichtigen technischen Begriffen	9
§ 4. Der Mensch als Motor	19
§ 5. Das Pferd als Motor	22
§ 6. Wasserkraftmaschinen	23
§ 7. Windkraftmaschinen	26
§ 8. Dampfmaschinen	27
§ 9. Heißluftmaschinen	40
§ 10. Gaskraftmaschinen	49
§ 11. Benzin-, Petroleum-, Spiritus- 2c. Motoren	95
§ 12. Elektrische Kraftmaschinen	110
§ 13. Vergleichende Zusammenstellung der Betriebskosten für die verschiedenen Kraftmaschinen	139
§ 14. Einiges über die Beschaffung eines Kleinmotors	140
Alphabetisches Sach- und Firmenregister	142

§ 1.

Wirtschaftliche Bedeutung der Kleinkraftmaschinen.

Die Lebensaufgabe eines jeden Menschen, mag er einen hohen oder niedrigen Rang in der Gesellschaft einnehmen, ist die „Arbeit", das heißt, die Verrichtung einer nützlichen Tätigkeit. Je nach der Art der Beschäftigung und dem Grade der Bildung, je nach körperlicher oder geistiger Veranlagung, nach Klima u. s. w. kann diese Tätigkeit eine außerordentlich verschiedene sein. Sie äußert sich aber stets nur, wie Dr. Engel in seinem Vortrage über „Wesen und Preis der Arbeit" ausführt, durch die hierfür von der Natur dem Menschen verliehenen Organe: Leib, Verstand und Herz. Die Tätigkeit des Leibes nennt der Volksmund schlechthin Leibesarbeit, diejenige des Verstandes Kopfarbeit und diejenige des Herzens als des Sitzes der guten und schlimmen Eigenschaften und Gefühle Gemütstätigkeit. Diese letzte Arbeitsart ist für die nachfolgenden Betrachtungen von so untergeordnetem Werte, daß auf sie nicht näher eingegangen zu werden braucht; um so wichtiger ist aber die Kopfarbeit, die für die Folge als geistige Arbeit, und namentlich die Leibesarbeit, die als mechanische Arbeit bezeichnet wird.

In einzelnen seltenen Fällen wird nur die eine oder die andere der beiden zuletzt genannten Arbeitsarten allein auftreten, in den meisten Fällen sind sie dagegen beide zugleich vorhanden. Die folgenden Beispiele mögen das soeben Gesagte etwas näher erläutern.

Der Knecht des Landwirts, der das Schwungrad seiner Häckselschneidmaschine dreht, um Häcksel für das Vieh zu schneiden, verrichtet eine nützliche Tätigkeit — er arbeitet. Da zum Drehen des Schwungrades nur eine gewisse Körperkraft aber durchaus gar keine Verstandestätigkeit oder geistige Anstrengung erforderlich ist, so kann in diesem Falle auch nur von einer rein mechanischen Arbeit die Rede sein. Der Tischler hingegen, der auf

seiner Hobelbank ein unebenes Brett gerade hobelt, verrichtet eine mechanische Arbeit, indem er vermittelst seiner Körperkraft den Hobel arbeitverrichtend über das Brett hin- und herführt, zugleich aber auch eine geistige Arbeit, indem er gerade diejenigen Stellen aussucht, an denen sich Erhebungen befinden, die zur Erreichung seines Zweckes fortgenommen werden müssen. Ein Gleiches tritt bei dem Schlosser ein, der einen Würfel feilen will, die Hin- und Herbewegung der Feile ist wieder eine rein mechanische Arbeit, das Aussuchen der abzufeilenden Stellen aber eine geistige. Der Gelehrte hingegen, der in seinem Studierzimmer den Gedankengang einer Abhandlung, die er soeben gelesen hat, sich im Geiste nochmals wiederholt, verrichtet eine rein geistige Arbeit, da der Körper an der Tätigkeit seiner Gedanken keinen Anteil zu nehmen braucht. In dem zuerst genannten Beispiel wird nur rein mechanische Arbeit verrichtet, in den beiden folgenden treten die mechanische und geistige Arbeit zugleich auf, während in dem letzten eine rein geistige Arbeit vorhanden ist. Jede dieser beiden Arbeitsarten hat ihre Berechtigung, jede derselben erfordert in ihrer Weise Anstrengung.

Die rein mechanische Arbeit, welche ein lebendes Wesen (Mensch und Tier) oder eine Maschine verrichtet, läßt sich genau messen, und der Wert oder Preis mit den Kosten einer anderen Maschine z. B. einer Dampfmaschine von gleicher Leistung, deren Amortisations-, Reparatur- ꝛc. Kosten bekannt sind, vergleichen, wie das noch ausführlich gezeigt wird. Dagegen fehlt jeder Maßstab für die geistige Arbeit und somit jede Möglichkeit, ihren Wert auch nur einigermaßen zutreffend zu bestimmen.

Die ältesten Kraftquellen sind außer den erwähnten lebenden Motoren (Mensch und Tier) das bewegte Wasser und die bewegte Luft (Wind), welche beide frei in der Natur vorhanden sind. Die in ihnen enthaltene Kraft muß, bevor sie nutzbar gemacht werden kann, gleichsam erst eingefangen, gefesselt oder gewonnen werden und dann noch eine bestimmte Richtung erhalten, in der sie sich äußern kann. Denkt man sich zum Beispiel, daß fließendes Wasser durch ein Gerinne fortgeleitet würde und von diesem auf eine feste tellerförmige Platte herabfiele, so hat diese Platte allerdings die im Wasser enthaltene lebendige Kraft als Stoß aufzunehmen, sie kann aber in dieser Weise nicht nutzbar gemacht werden. Würde man dagegen das Wasser so auf die Platte fallen lassen und diese selbst so anordnen, daß sie in Umdrehung versetzt werden kann, wodurch der Kraft

die Möglichkeit gegeben wird, sich in einer bestimmten Richtung zu äußern, dann ist ihre Ausnutzung möglich, dann erst hat man eine Kraftmaschine, die im stande ist, Kraft zur Verrichtung von mechanischer Arbeit zu liefern.

Vor etwa hundert Jahren lernte man dann die Wärme als Kraftquelle benutzen. Die ersten Wärmekraftmaschinen waren die Dampfmaschinen, die seitdem für unser ganzes wirtschaftliches Leben von der größten Bedeutung geworden sind. Seit etwa 30 Jahren kann man die Wärme, die durch das Verbrennen von gasförmigen Brennstoffen erzeugt wird, in den Gasmaschinen nutzbringend verwerten. Diesen schlossen sich dann später die Kraftmaschinen für flüssige Brennstoffe an und wer weiß, ob es nicht gelingt, noch Kraftmaschinen für feste Brennstoffe zu erfinden, so daß die Wärme, die beim Verbrennen der Kohle erzeugt wird, in der Kraftmaschine ohne Zwischenglieder wie Dampfkessel 2c. ausgenutzt wird. Bei der großen Verbreitung, die die Elektrizität in neuerer Zeit gefunden hat, haben die Elektromotoren eine immer größere Bedeutung erhalten.

Es fragt sich nun, welche Wirkung hat die Einführung der Kraftmaschinen in die Industrie auf die Entwickelung der gewerblichen Betriebe ausgeübt.

Jahrtausende hindurch kannte man nur Menschen- und Tierkraft sowie die Verwendung der Wind- und Wasserkräfte, welche aber nur durch höchst unvollkommene Einrichtungen nutzbar gemacht werden konnten. Die belebten Kraftmaschinen (für Wind- und Wasserkräfte) hatten gegenüber den lebenden Motoren (den Menschen und Tieren), deren Kraft durch Nahrungsmittel und Ruhe von Zeit zu Zeit wieder ergänzt werden mußte, den Vorteil, daß sie einesteils die Kraft billiger liefern konnten, da ihre in der Natur vorhandenen Kraftquellen unentgeltlich zu Gebote standen und daß sie es andernteils ermöglichten, eine größere Kraft und meistenteils auch für eine längere Zeitdauer herzugeben. Diese Kraftmaschinen hatten aber den Nachteil, daß sie an ganz bestimmte örtliche Verhältnisse gebunden oder von besonderen Zufälligkeiten abhängig waren; so war es z. B. unmöglich, da die Wasserkraft zu benutzen, wo es keine hinreichende Wassermenge oder kein genügendes Gefälle gab, oder die Kraft des Windes auszunutzen, wenn dieser selbst nicht vorhanden war.

Es ist hiernach ganz erklärlich, daß sich die Industrie mit der zu-

nehmenden Vervollkommnung der kleinen Wasserkraftmaschinen, wie sie hauptsächlich im Mittelalter stattfand, namentlich an den Flußläufen und den daran gelegenen Städten entwickelte, so daß schon zu dieser Zeit eine gewisse Anhäufung von Gewerbebetrieben mit maschinellem Antrieb an einzelnen Stellen vorhanden war. Da die gewonnenen Betriebskräfte aber nur gering waren, so konnte es auch nur eine Kleinindustrie geben.

Als man aber vor etwa hundert Jahren die Dampfmaschine als Kraftmaschine in die Industrie und den Verkehr einführte und mit ihrer Vervollkommnung jede beliebige Kraftentwicklung an jeder beliebigen Stelle ermöglichte, da entwickelte sich aus einzelnen Kleinbetrieben oder neben ihnen eine Großindustrie. In welchem Umfange jetzt Klein- und Großbetriebe nebeneinander vorhanden sind, und wie viel Personen in ihnen beschäftigt werden, geht aus den Berufs- und Gewerbezählungen des Deutschen Reiches in den Jahren 1875, 1882 und 1895 hervor. Bezeichnet man diejenigen Betriebe, in denen 1—5 Personen beschäftigt sind, als Kleinbetriebe, diejenigen mit 6—50 Personen als Mittelbetriebe und die mit mehr als 50 Personen als Großbetriebe, so waren 1895 vorhanden:

Art der Betriebe	Anzahl der Betriebe	Anzahl der darin beschäftigten Personen	Durchschnittlich kommen Personen auf einen Betrieb
Kleinbetriebe	1 989 572	3 191 125	1,6
Mittelbetriebe	139 459	1 902 049	13,6
Großbetriebe	17 941	2 907 329	162,0
zusammen	2 146 972	8 000 503	3,7

Man sieht daraus, daß in den Kleinbetrieben fast ebensoviel Personen beschäftigt sind als in den Mittel- und Großbetrieben zusammen, obwohl erst auf 111 Kleinbetriebe ein Mittel- und Großbetrieb entfällt. Um einen Vergleich mit den früheren Zählungen zu ermöglichen, müssen die Mittelbetriebe zu den Großbetrieben gerechnet werden, dann ergiebt sich folgende Übersicht.

Art der Betriebe	Anzahl der Betriebe		
	1875	1882	1895
Kleinbetriebe	2 858 405	2 898 824	1 989 572
Großbetriebe	69 550	96 824	157 400
zusammen	2 927 955	2 995 148	2 146 972

Hieraus geht hervor, daß in dem siebenjährigen Zeitraum von 1875 bis 1882 die Gesamtanzahl der Betriebe um 2,3 % zunahm. Während die Anzahl der Großbetriebe um 39,2 % wuchs, blieb die der Kleinbetriebe mit 1,4 % Wachstum erheblich hinter dem Durchschnitt zurück. Das rapide Anwachsen der Großbetriebe zeigt sich noch deutlicher in dem dreizehnjährigen Zeitraum von 1882—1895, in welchem die Gesamtanzahl der Betriebe um 848 176 = 28 % gesunken ist, dabei haben die Kleinbetriebe eine Einbuße von 908 752 = 31 % erlitten, während die Anzahl der Großbetriebe um 60576 = 62 % zugenommen hat. Somit hat ein gewaltiges Anwachsen der Großbetriebe auf Kosten der Kleinbetriebe stattgefunden.

Vergleicht man ferner die sämtlichen in jenen Betrieben beschäftigten Personen, so ergiebt sich folgende Übersicht:

Art der Betriebe	Beschäftigte Personen		
	1875	1882	1895
Kleinbetriebe	4 159 231	4 476 495	3 191 125
Großbetriebe	2 420 720	2 845 287	4 809 878
zusammen	6 579 951	7 321 782	8 000 508

Während von 1875—1882 die Anzahl der beschäftigten Personen um 741 831 zunahm und dieser Zuwachs sich auf Klein- und Großbetriebe ungefähr gleich verteilte, hat in dem langen Zeitraum von 1882 bis 1895 überhaupt nur eine Zunahme von 678 721 Personen gleich 9,3 % stattgefunden. Dabei beträgt der Zuwachs bei den Großbetrieben

1 964 091 = 69 %, und die Abnahme bei den Kleinbetrieben 1 285 370 = 29 %, d. h. etwa der vierte Teil aller 1882 in den Kleinbetrieben beschäftigten Personen ist in den Großbetrieb übergegangen. Es hat also auch in dieser Hinsicht eine große Verschiebung zu Gunsten der Großbetriebe auf Kosten der Kleinbetriebe stattgefunden.

Die Gewerbezählung von 1895 gibt auch eine Übersicht über die in den Gewerbebetrieben benutzten Kraftmaschinen, die in folgender Tabelle wiedergegeben ist.

Anzahl der Betriebe mit Kraftmaschinen*)	Betriebe mit						
	Dampfkraftmaschinen		Wasserkraftmaschinen		Windkraftmaschinen	Gas-, Heißluft-Kraftmaschinen	anderen Kraftmaschinen
	Anzahl	Pferdestärken	Anzahl	Pferdestärken	Anzahl	Anzahl	Anzahl
189 687	54 402	2 661 518	53 908	626 853	18 242	18 678	5 444

Die Windmotoren (15 638) dienen fast ausschließlich und die Wasserkraftmaschinen (27 381 mit 259 434 PS.) zum größten Teile zum Antrieb in Betrieben der Nahrungs- und Genußmittel (Getreidemühlen). Die Anzahl der Gaskraftmaschinen hat in den 7 Jahren seit der Gewerbezählung noch ganz erheblich zugenommen, ebenso ist es mit den „anderen Kraftmaschinen" in der letzten Spalte, unter denen Petroleum-, Benzin-, Äther-, Druckluft- und Elektromotoren zu verstehen sind.

Da die mechanische Arbeitsleistung eines Mannes etwa 0,082 Pferdestärken beträgt, so entspricht den 2 661 513 Pferdestärken, die die Dampfmaschinen 1895 leisteten, die mechanische Arbeitsleistung von $\frac{2\,661\,513}{0{,}082}$ = rd 32,5 Millionen Männern, d. h. die Dampfmaschinen allein leisteten mehr als das 4fache derjenigen mechanischen Arbeit, die die sämtlichen 8 000 503 gewerblichen Arbeiter in Deutschland verrichten können.

Hieraus erklärt sich zum Teil auch die große Verschiebung, die in den letzten hundert Jahren auf sozialem Gebiete stattgefunden hat. Auf der einen Seite eine gewaltige Anhäufung von Betriebskraft und Kapital

*) Darunter befinden sich 127 650 Haupt- und 12 037 Nebenbetriebe.

in den Händen weniger Personen, auf der anderen das Ringen der vielen Besitzlosen um ihr Dasein, dazwischen der besitzende Mittelstand, aus dem nur wenige von Glück begünstigte in die Reihen der Großkapitalisten emporsteigen, viele aber im Konkurrenzkampfe gegen das Großkapital untergehen und in die Klasse der Besitzlosen hinabsteigen. Es ist daher die Aufgabe des Staates, wie das in der kaiserl. Botschaft vom 17. November 1881 auch ausgedrückt ist, den Hilfsbedürftigen den Beistand zu gewähren, auf den sie Anspruch haben. Aus diesem Gesichtspunkte ist unsere sozialpolitische Gesetzgebung (Gewerbeordnung, Kranken-, Unfall-, Alters- und Invaliditäts-Versicherungs-Gesetz, die Gesetze über die Gewerbegerichte, über die Beschlagnahme des Arbeitslohns 2c.) entstanden, deren segensreichen Einfluß kein Verständiger leugnen wird. Wenn trotzdem noch vielfach über mangelhaften Arbeiterschutz geklagt wird, so ist zu bedenken einesteils, daß die sozialpolitische Gesetzgebung noch keineswegs abgeschlossen und andernteils, daß durch den Erlaß von allgemein gültigen Vorschriften (Gesetzen) nicht den Wünschen jedes Einzelnen, die aus besonderen Umständen hervorgegangen sind und an sich durchaus berechtigt sein können, entsprochen werden kann; in solchen Fällen muß innerhalb der gesetzlichen Normen durch Polizeimaßnahmen, private Wohltätigkeit u. s. w. den Übelständen begegnet werden. Während in dieser Weise für den Besitzlosen schon manches geschehen ist, sucht man neuerdings auch den Mittelstand durch Zusammenschluß von gleichartigen Gewerbetreibenden und Bildung von Handwerkerkammern zu stärken. So segensreich auch mit der Zeit diese Einrichtungen wirken mögen, so helfen sie den Kleingewerbetreibenden doch kaum über den schweren Konkurrenzkampf mit dem Großbetriebe hinweg, über einen Kampf, der mit so ungleichen Waffen geführt wird, daß das Kleingewerbe unterliegen muß. Es fragt sich nun, wie ist ein solch ungleicher Kampf möglichst zu vermeiden oder mit andern Worten, was wird die Großindustrie herstellen und was verbleibt dann noch der Kleinindustrie.

Es ist klar, daß der Kleingewerbetreibende von vorn herein auf die Herstellung solcher Fabrikate verzichten muß, die kostspielige Einrichtungen, große Betriebskräfte oder eine große Anzahl von Arbeitern 2c. erfordern, weil ihm die Mittel hierzu nicht zur Verfügung stehen. Von den kleineren Bedarfsgegenständen kann die Großindustrie nur solche herstellen, die in großer Menge gebraucht werden, sogenannte Massenartikel, weil sie die

ihr zu Gebote stehenden Betriebskräfte und die Arbeitsmaschinen so weit als nur möglich ausnutzen muß. Da die Maschinen aber, wie wir schon sahen, nur mechanische Arbeit verrichten können, so wird die Großindustrie im allgemeinen nur solche Gegenstände verfertigen, die durch ein Maximum von mechanischer und ein Minimum von geistiger Arbeit sich herstellen lassen. Dem gegenüber muß der Kleingewerbetreibende solche Gebrauchsgegenstände anfertigen, die viel geistige und wenig mechanische Arbeit erfordern. Daher trifft man auch in der Großindustrie überwiegend ungelernte und in der Kleinindustrie gelernte Arbeiter. Derjenige Kleingewerbetreibende aber, der die in seinem Betriebe zu leistende mechanische Arbeit durch Maschinen verrichten läßt, hat einen erheblichen Vorteil gegenüber seinem Konkurrenten ohne Maschinen, weil seine Leistungsfähigkeit eine größere und seine Betriebskosten kleiner werden. Deshalb wird der Kleingewerbetreibende mehr und mehr zum Gebrauch von Arbeitsmaschinen übergehen müssen.

Im folgenden soll ihm nun gezeigt werden, welche Kraftmaschinen ihm für den Antrieb seiner Arbeitsmaschinen zur Verfügung stehen und wie hoch die Anlage- und Betriebskosten sind, damit er unter ihnen die für seinen Betrieb passenden Motoren auswählen kann.

§ 2.

Einteilung der Kraftmaschinen.

Die Motoren kann man in zwei große Gruppen einteilen, in solche die selbst leben, und in solche, die belebt werden. Jede dieser Hauptgruppen zerfällt wieder in Unterabteilungen, so daß sich folgende Übersicht ergibt:

I. Lebende Motoren.
   1. Der Mensch,
   2. das Tier (Göpelwerk).

II. Belebte Motoren oder Kraftmaschinen.
   1. Wasserkraftmaschinen, Wasserräder und Wasserdruckmaschinen,
   2. Windkraftmaschinen,
   3. Wärmekraftmaschinen.
      A. mit indirekter Ausnutzung der erzeugten Wärme
         a) Dampfmaschinen,
         b) Heißluftmaschinen.

B. mit direkter Ausnutzung der erzeugten Wärme
   a) für gasförmige Brennstoffe
      die Gasmaschinen,
   b) für flüssige Brennstoffe
      die Benzin-, Petroleum-, Spiritus- 2c. Maschinen.

4. Elektrische Kraftmaschinen (Elektromotoren)
   a) für Gleichstrom,
   b) für Wechselstrom,
   c) für Drehstrom.

In dem Folgenden sollen die einzelnen Kraftmaschinen ihrer Bedeutung entsprechend mehr oder weniger eingehend behandelt werden. Dazu ist es aber nötig, zunächst einige häufig in der Technik vorkommende Begriffe zu erklären.

§ 3.

Erklärung von wichtigen technischen Begriffen.

In der Technik versteht man unter Kraft die Ursache einer Bewegung oder die Ursache einer Bewegungsänderung. Wenn z. B. ein Wagen auf eine schiefe Ebene gefahren ist und nach dem Abspannen der Pferde von selbst anfängt herabzulaufen, so muß eine Kraft vorhanden sein, die ihn in Bewegung setzt und seine Geschwindigkeit fortwährend vergrößert; es ist die Anziehungskraft der Erde oder die Schwerkraft, die hier treibend wirkt. Wenn der Wagen nun auf die horizontale Wegestrecke kommt, so wird seine Geschwindigkeit kleiner und kleiner, und endlich bleibt er stehen. Seine Geschwindigkeit wird durch die Reibung seiner Räder an der Wegeoberfläche nach und nach verringert, so daß seine Bewegung endlich aufhört; es hat also die Reibung als widerstehende Kraft gewirkt. Man kann hiernach treibende und widerstehende Kräfte (Widerstände) unterscheiden.

Die Kraft wird in der Technik durch kg und der Weg, den ein Körper zurücklegt, durch m gemessen, das Produkt aus Kraft und Weg (in der Richtung der Kraft) heißt Arbeit und wird in mkg, sprich Meterkilogramm, auch kgm = Kilogrammmeter ausgedrückt. Wenn also eine Person A ein Gewicht von 10 kg an einem Seile über einer Rolle durch Ziehen mit der Hand um 5 m gehoben hat, so ist die von ihr verrichtete Arbeit 5 m mal 10 kg gleich 50 kgm oder 50 mkg. Wenn eine andere

Person B die 10 kg 20 m hoch gehoben hat, so ist die von ihr verrichtete Arbeit = 200 mkg. Um nun vergleichen zu können, wer von beiden am meisten geleistet hat, muß noch die Zeit angegeben werden, in welcher jede die Arbeit verrichtete. A möge 5 Sekunden und B 40 Sekunden gebraucht haben, so ist die Leistung von

$$A = \frac{5 \text{ m} \cdot 10 \text{ kg}}{5 \text{ Sekunden}} = 10 \text{ mkg in 1 Sekunde,}$$

$$B = \frac{20 \text{ m} \cdot 10 \text{ kg}}{40 \text{ Sekunden}} = 5 \text{ mkg in 1 Sekunde.}$$

Demnach hat A das Doppelte von B geleistet.

Eine Arbeitsleistung von 75 mkg in einer Sekunde nennt man eine Pferdestärke,*) abgekürzt PS.

Es hat also

$$A = \frac{10 \text{ mkg}}{75 \text{ mkg}} = 0{,}133 \text{ Pferdestärken, und}$$

$$B = \frac{5 \text{ mkg}}{75 \text{ mkg}} = 0{,}067 \text{ PS. geleistet.}$$

Es soll jetzt an einer Kraftmaschine gezeigt werden, wie man die Pferdestärken berechnet. Da die Dampfmaschine von allen am bekanntesten ist, so möge sie gewählt werden. In dem Dampfkessel wird der Dampf erzeugt, der in dem Zylinder der Maschine den Kolben bewegt. Die treibende Kraft liefert also der Dampf, dessen Spannung man in kg auf 1 qcm (Atmosphären) ausdrückt. Der Körper, der bewegt wird, ist der Kolben, dessen Weg man in m bestimmen kann. Da das Ventil, das den Dampf des Kessels in den Zylinder eintreten läßt, nur während eines Teiles des Kolbenhubes geöffnet ist, so wird bei den verschiedenen Stellungen des Kolbens ein verschieden hoher Dampfdruck auf ihn wirken. Um ihn bei jeder Kolbenstellung genau zu ermitteln, bedient man sich eines Indikators. Dieser besteht aus drei Teilen:

1. aus einem kleinen, senkrecht angeordneten, oben offenen Zylinder a (Fig. 1), in dem sich ein Kolben b befindet, der durch eine kleine Feder c

*) Die englische Bezeichnung ist horse power und daher die Abkürzung HP., die man hier vermeiden sollte, weil sich die engl. Pferdestärken auf ein anderes Maßsystem beziehen. Die engl. HP. ist nämlich 550 Fußpfund. (1 Pfund = 0,454 kg; 1 Fuß = 0,305 m; also 1 HP. = 550 · 0,454 · 0,305 = rd 76 mkg, d. h. die engl. Pferdestärke ist rd 1 mkg größer als die deutsche.)

herabgedrückt wird. Läßt man durch einen Hahn i unter den Kolben gespannten Dampf treten, so wird die Feder zusammengepreßt. Ihre Spannung wählt man nun so, daß z. B. einer Zusammenpressung von 1 mm ein Druck von 1 Atmosphäre (1 kg auf 1 qcm) entspricht; demnach würden 3 mm Zusammenpressung angeben, daß eine Dampfspannung von 3 Atm. vorhanden ist u. s. w. Es ist jetzt noch nötig, diesen Druck sichtbar aufzutragen, dazu dient

2. der Schreibapparat. Er besteht aus einer kleinen Stange, die am Kolben b befestigt ist, und einer Geradführung d für einen Schreibstift e, der die Bewegung des Kolbens auf ein Papier f entsprechend der senkrechten Bewegung des Indikatorkolbens auch in senkrechten Linien überträgt. Wenn das Papier feststeht, so schreibt e nur übereinanderliegende gerade Linien, aus denen man für die Berechnung nichts entnehmen kann. Es ist deshalb nötig,

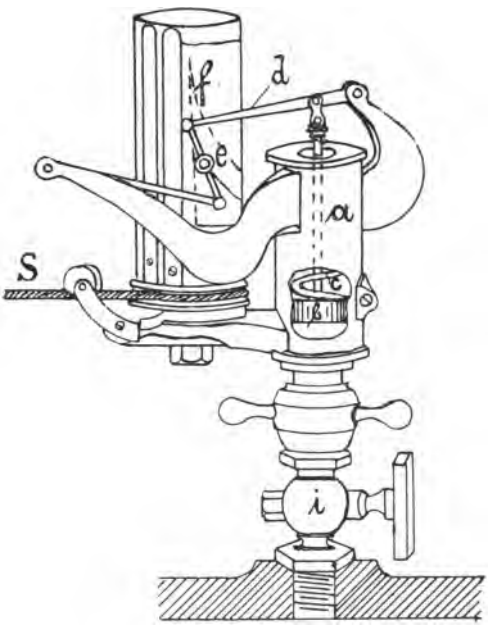


Fig. 1.

3. daß das Papier bewegt wird. Zu diesem Zweck ist es auf einer senkrechten Trommel angebracht, die durch eine Feder im Innern in einer bestimmten Ruhelage gehalten wird. Wenn man diese Trommel durch eine Schnur S mit dem Kreuzkopf der Maschine verbindet, so wird die Trommel beim Hingange des Kolbens durch die Schnur in der einen, und beim Hergange des Kolbens durch die Feder in der anderen Richtung gedreht. Wird nun der Stift e gegen das Papier f auf der Trommel gedrückt, ohne daß Dampf auf den Indikatorkolben gelassen ist, so zeichnet der Stift eine horizontale Linie, die nicht nur genau so lang ist

als der Weg des Kreuzkopfes oder des Kolbens, sondern auch einer Pressung von etwa 1 Atm., nämlich dem äußeren Luftdruck entspricht und deshalb als atmosphärische Linie bezeichnet wird. Wenn die Schnur an einer Kurbel oder einem Hebel befestigt wird, erhält man eine entsprechend verkürzte Linie im Diagramm, so heißt das vom Stift gezeichnete Bild. Öffnet man jetzt den Hahn, so daß der Dampfdruck auf den kleinen Indikatorkolben b wirken kann, so erhält man ein Bild, in welchem die senkrechten

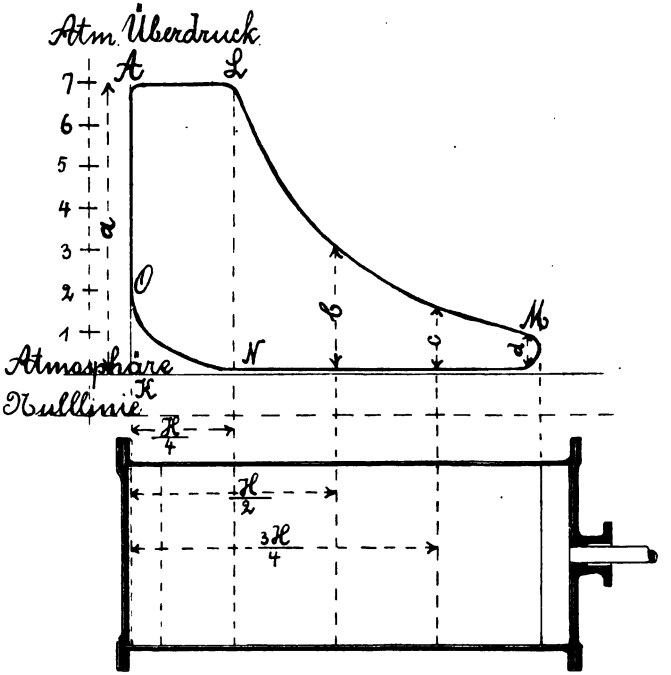


Fig. 2.

Abstände über der atmosphärischen Linie die Größe der Dampfspannung in Atmosphären-Überdruck oder in kg auf 1 qcm, sofern sie in dem richtigen Maßstab gemessen werden, angeben und zwar stets an der dazugehörigen Kolbenstellung. Demnach ist in der äußersten Stellung K (Fig. 2) des Dampfmaschinenkolbens (in der Figur links) hinter dem Kolben ein Dampfdruck a in Atm. über dem äußeren Luftdruck gewesen; dieser hat so lange angehalten, bis der Kolben ein Viertel seines ganzen

Weges H zurückgelegt hat. Es ist das die Periode, während welcher auf den Kolben im Zylinder der frische Kesseldampf wirken konnte, also das Dampfeinströmungsventil geöffnet war. In dem Punkte L ist das Dampfeinströmungsventil geschlossen und es beginnt der Dampf in dem Zylinder zu expandieren, was durch die Kurve L M deutlich angegeben wird. In $\frac{H}{4}$ ist noch der volle Dampfdruck a vorhanden, dieser sinkt allmählich, bis er bei $\frac{H}{2}$ nur noch b und bei $\frac{3}{4}$H noch c beträgt. In dem Punkte M öffnet

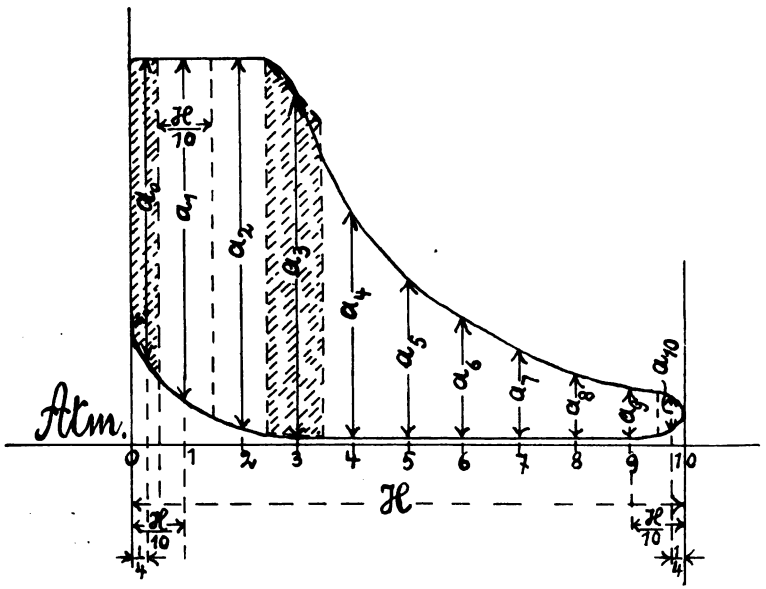


Fig. 8.

das Auslaßventil, so daß der Druck von der Spannung d schnell beinahe auf die Spannung des atmosphärischen Luftdrucks herabsinkt. Jetzt geht der Kolben rückwärts (in der Figur von rechts nach links), das Auslaßventil ist geöffnet, so daß der Kolben den Dampf, der schon arbeitete, dadurch hinaustreiben kann. Wenn sich das Auslaßventil, nachdem der Kolben etwa $^3/_4$ seines Weges beim Rückgange zurückgelegt hat, zu schließen beginnt, so entsteht eine kleine Zusammenpressung des noch im Zylinder vorhandenen Dampfes, die sich in dem Diagramm durch die Linie N O be-

merkbar macht. Berückſichtigt man, daß die Dampfſpannungen in kg in dem Diagramm aufgetragen ſind und die Kolbenwege in m, ſo iſt der Inhalt der Figur A L M N O das Produkt aus Kraft und Weg und ſtellt ſomit die Arbeit in mkg dar, die der Dampf während eines Kolbenhubes oder einer halben Schwungradumdrehung auf 1 qcm der Kolbenfläche geleiſtet hat.

Die Fläche des Diagramms wird in folgender Weiſe ausgerechnet. Man errichtet an den Endpunkten des Hubes (äußerſte Grenzen des Diagramms) Senkrechte zur atmoſphäriſchen Linie und teilt die zwiſchen dieſen Punkten gelegene Hublänge H (Fig. 3) in 10 gleiche Teile. Von den beiden äußerſten Lotrechten trägt man dann $^1/_4$ eines ſolchen Teiles nach der Mitte des Diagramms zu ab, nennt die innerhalb der Begrenzungslinien gelegenen Stücke a_0 und a_{10} und bezeichnet die andern Stücke mit a_1, a_2, a_3 . . . bis a_9. Dann iſt a_0 die Mittelinie in einem kleinen Trapez, deſſen Höhe die Hälfte von $\frac{H}{10}$ iſt, wenn mit H der Hub bezeichnet wird. Der Inhalt iſt alſo

$$i_0 = \frac{a_0 H}{10 \cdot 2}$$

ebenſo iſt der Inhalt des letzten Trapezes

$$i_{10} = \frac{a_{10} H}{10 \cdot 2}$$

Der Inhalt jedes der anderen Trapeze beträgt, weil die Höhe $\frac{H}{10}$ iſt

$$i_1 = \frac{a_1 H}{10}; \quad i_2 = \frac{a_2 H}{10}; \quad i_3 = \frac{a_3 H}{10} \text{ u. ſ. w.}$$

Demnach iſt der Inhalt J des ganzen Diagramms

$$J = \frac{H}{10}\left(\frac{a_0}{2} + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + \frac{a_{10}}{2}\right)$$

Soll nur der mittlere wirkſame Druck p_m berechnet werden, ſo iſt dieſer

$$p_m = \frac{1}{10}\left(\frac{a_0}{2} + a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + a_8 + a_9 + \frac{a_{10}}{2}\right)$$

Da bei n Umdrehungen des Schwungrades in der Minute $2 \cdot n$ Hübe vorhanden ſind und die Dampfmaſchine doppeltwirkend iſt, ſo gibt es in einer Minute 2 n ſolcher Diagramme. Es iſt alſo die Arbeit für 1 qcm der Kolbenfläche $2 \cdot n \cdot J$. Wenn nun der Kolben einen Durchmeſſer

d in cm hat, so ist dessen Fläche $\frac{d^2\pi}{4}$ und somit die ganze vom Kolben in einer Minute geleistete Arbeit $\frac{d^2\pi}{4} \cdot 2 \cdot n \cdot J$; da nun aber die Arbeit in Pferdestärken ausgedrückt werden soll, so muß sie zunächst auf eine Sekunde bezogen werden, also durch 60 geteilt werden und dann noch durch 75 (75 mkg = 1 PS.); demnach ist

$$N_i = \frac{\frac{d^2\pi}{4} \cdot 2 \cdot n \cdot J}{60 \cdot 75}$$

oder wenn man den Hub mit H bezeichnet und den mittleren Druck p_m bestimmt hat

$$N_i = \frac{\frac{d^2\pi}{4} \cdot 2 \cdot n \cdot H \cdot p_m}{60 \cdot 75}$$

Es sei beispielsweise an einer Dampfmaschine d = 40 cm; H = 0,7 m; n = 85. Der mittlere Druck p_m sei aus dem Diagramm zu 2,5 kg entsprechend etwa 7 Atm. Kesselspannung gefunden, dann ist

$$N_i = \frac{\frac{40 \cdot 40 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 85 \cdot 0{,}7 \cdot 2{,}5}{4}}{60 \cdot 75}$$

$$N_i = 83 \text{ PS.}$$

Die Leistung einer Maschine in Pferdestärken, die mit Hilfe des Indikators gefunden wird, nennt man die indizierte Leistung und drückt sie aus in indizierten Pferdestärken (N_i). Es ist nun klar, daß ein Teil dieser Leistung in der Dampfmaschine durch Reibungswiderstände, durch die Bewegung von Schiebern oder Ventilen durch Wärmeverluste u. s. w. verloren geht; es ist daher auch nicht möglich, so viel Pferdestärken einer Maschine zu entnehmen, als mit Hilfe des Indikators ermittelt wurden. Um nun zu sehen, wie viel Pferdestärken von der Maschine abzuleiten sind, wird sie gebremst, d. h. man legt wenn möglich um das Schwungrad ein Stahlband und zieht es so fest an, daß das bewegte Schwungrad einem Gewicht P (Fig. 4), das man bei G anbringt, das Gleichgewicht hält. Dann hat man die ganze in dem Schwungrad enthaltene Arbeit in Reibungsarbeit umgewandelt, die mit dem Gewicht P an dem Hebelarm l im Gleichgewicht ist.

Wenn p die Kraft bezeichnet, die am Umfang des Rades mit dem Radius r wirkt, so ist

$$p \cdot r = P \cdot l \text{ oder } p = \frac{P \cdot l}{r}$$

Der Weg s, der in der Richtung der Kraft p in einer Sekunde zurückgelegt wird, wenn das Schwungrad n Umdrehungen in der Minute macht, ist

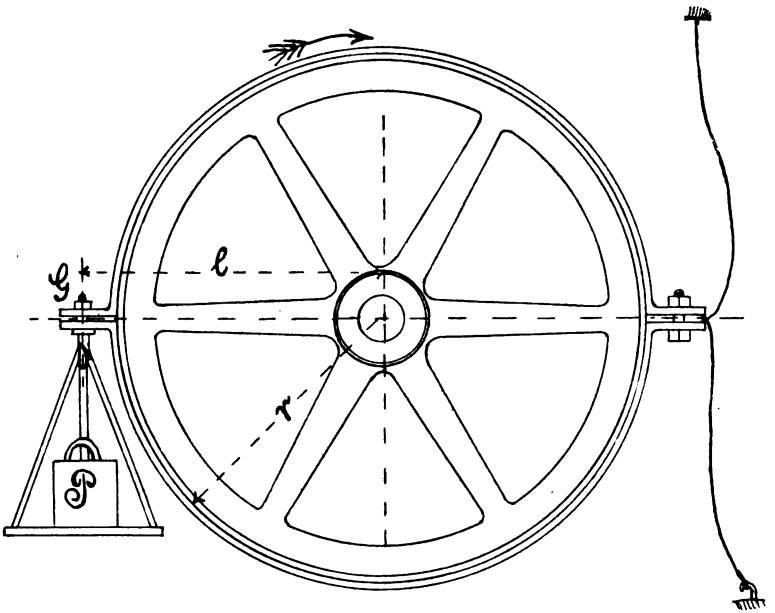


Fig. 4.

$$s = \frac{2 r \pi n}{60}$$

und somit die Arbeit $$A = p s = \frac{P l 2 r \pi n}{r 60}$$

In Pferdestärken ausgedrückt ist

$$N_e = \frac{2 P l \pi n}{60 \cdot 75}$$

Es sei nun bei einem Bremsversuche an der vorhin erwähnten Maschine mit $n = 85$, $P = 300$ kg und $l = 1{,}8$ m gefunden, dann ist

$$N_e = \frac{2 \cdot 300 \cdot 1{,}8 \cdot 3{,}14 \cdot 85}{60 \cdot 75} = 64 \text{ PS.}$$

Da man diese Anzahl von Pferdestärken wirklich ableiten kann, so nennt man sie wirkliche oder effektive Pferdestärken (N_e), auch Nutzpferdestärken.

Der Quotient

$$g = \frac{\text{effektive Pferdestärken}}{\text{indizierte Pferdestärken}} = \frac{N_e}{N_i}$$

bezeichnet das Güteverhältnis der Maschine oder den Wirkungsgrad. In dem obigen Beispiel ist

$$g = \frac{N_e}{N_i} = \frac{64}{83} = 0{,}77$$

d. h. es können von der Arbeit, die der Dampf in dem Zylinder leistet, 77 % an dem Schwungrad oder der Riemscheibe entnommen werden; demnach gehen 23 % durch Reibung, Wärmeverluste 2c. in der Maschine selbst verloren. Da der Unterschied zwischen den indizierten und effektiven Pferdestärken ein ziemlich großer ist, so möge jeder, der eine Maschine kaufen will, sich auch vergewissern, welche Art von Pferdestärken ihm angeboten wird.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß beim Reiben zweier Gegenstände aneinander, oder beim Schlagen des Hammers auf den Ambos u. s. w. Wärme entwickelt wird. Durch Versuche ist nun festgestellt, daß man durch eine mechanische Arbeit von 424 mkg gerade so viel Wärme erzeugen kann, daß 1 Liter reinen Wassers um 1°*) erwärmt wird. Dieses Verhältnis zwischen mechanischer Arbeit oder, wie man auch sagt, mechanischer Energie und Wärme nennt man das mechanische Wärmeäquivalent. Die Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 Liter Wasser um 1° zu erwärmen, heißt Wärmeeinheit oder Calorie und wird mit WE bezeichnet. Somit ist

$$1 \text{ WE} = 424 \text{ mkg.}$$

Man kann also mechanische Energie in Wärme und umgekehrt Wärme in mechanische Energie umwandeln. Demnach ist die Wärme nur eine besondere Form der mechanischen Energie. Es läßt sich ferner mechanische Energie in Elektrizität umformen und zwar gilt hier die Beziehung, daß 75 mkg = 736 Voltampère (Watt) sind. (Die Spannung des elektrischen

*) Es ist hier das 100teilige Thermometer (Celsius) gemeint, das heute in Deutschland allgemein maßgebend ist.

Stroms mißt man durch Volt, ähnlich wie die Spannung des Dampfes durch kg oder Atm. und die Strommenge durch Ampère, wie die Dampfmenge durch kg oder cbm.) Somit ist die Elektrizität wieder nur eine besondere Form der mechanischen Energie. Diese läßt sich ferner noch umformen in chemische, magnetische und Licht-Energie. Bei all diesen Umformungen geht an Energie nichts verloren, nur spielen sich die Vorgänge so ab, daß neben der beabsichtigten Energieform auch noch andere auftreten. Ein Beispiel möge verschiedene Umformungen erläutern.

Zu jener Zeit, als die Atmosphäre noch viel mehr Kohlensäure enthielt als heute, als die Erde noch nicht so erkaltet war und die Sonne mehr Wärme spendete, da wuchsen gewaltige, unsern Farnen ähnliche Bäume, deren Reste uns heute als Steinkohle so wertvoll sind. Wenn die Sonnenstrahlen die Pflanzenknospen erwärmen, so verdunsten sie etwas von dem darin enthaltenen Saft, es entsteht ein kleines Vakuum, welches nun ausgefüllt wird durch atmosphärische Luft und das durch die Wurzeln emporsteigende Wasser. Luft und Wasser verbinden sich unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen zu Cellulose, indem sie eine chemische Verbindung eingehen, die viel Wärme erfordert, es ist also die Sonnenwärme in der Cellulose oder dem Holzstoff enthalten und somit umgeformt. Der Holzstoff ist uns im wesentlichen in der Kohle erhalten geblieben. Wenn nun die Steinkohle auf dem Rost eines Dampfkessels verbrannt wird, so wird durch einen chemischen Vorgang wieder Wärme erzeugt, die durch ein Zwischenglied, den Wasserdampf, in der Dampfmaschine in mechanische Energie umgeformt wird. Wenn diese Maschine eine Dynamo antreibt, so wird die mechanische Energie der Dampfmaschine in elektrische umgewandelt; wird nun die Elektrizität in eine Akkumulatorenbatterie geleitet, so formt sie sich wieder in chemische Energie um. Diese kann wieder in elektrische umgewandelt werden, die dann durch einen Elektromotor in magnetische und mechanische Energie umzuformen ist. Bei jeder Umformung treten Verluste ein, man hat deshalb auch hier wie bei den Kraftleitungen stets mit dem Wirkungsgrad zu rechnen.

Es möge hier noch erwähnt werden, daß die Lehre von der Erhaltung der Energie, auf welcher unsere heutige Physik aufgebaut ist, und die Lehre von der Erhaltung des Stoffes, die die Grundlage unserer heutigen Chemie bildet, von dem deutschen Arzt Rob. Mayer, geb. 25. November 1814 zu Heilbronn, herrührt.

Bei der Beschaffung von Kraftmaschinen wird sehr häufig nicht allein eine unzweckmäßige Konstruktion gewählt, sondern auch eine zu kleine Maschine, weil der Besteller nicht beachtet, daß durch Riementriebe, Räderpaare 2c. eine nicht unbeträchtliche Arbeit verloren geht. So ist z. B.

für Zahnräder der Wirkungsgrad $g = 0{,}95—0{,}96$
für Hanf- und Baumwollseile . $g = 0{,}95—0{,}96$
für Drahtseile . . . . . $g = 0{,}98$
für Riementriebe . . . . . $g = 0{,}95—0{,}96.$

Wenn also beispielsweise eine Arbeitsmaschine, die selbst 3 Pferdestärken gebraucht, durch einen Riemen von einem Vorgelege ($g = 0{,}95$) angetrieben wird, das wieder durch einen Riemen ($g = 0{,}95$) von der Haupttransmissionswelle bewegt wird, welche durch ein Hanfseil ($g = 0{,}95$) vom Motor die Kraft übertragen erhält, so muß dieser für die Arbeitsmaschine

$$\frac{3 \text{ PS.}}{0{,}95 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}95} = 3{,}5 \text{ PS. effektiv}$$

leisten. Es geht also $^1/_2$ effektive Pferdestärke durch die Kraftleitung verloren.

Auf weniger wichtige Begriffe wird gelegentlich der Besprechung der einzelnen Kraftmaschinen eingegangen werden, die sich hier gleich anschließen möge.

I. Lebende Motoren.

§ 4.

Der Mensch als Motor.

Wenn man den Menschen als Motor betrachtet, so müssen sich auch die Kosten ermitteln lassen, welche eine Krafteinheit (effektive Pferdestärke) in der Zeiteinheit (Stunde) verursacht. Die Berechnung muß allerdings in etwas anderer Weise geschehen als bei den eigentlichen Kleinkraftmaschinen. Hier mögen die von Dr. Engel in der Broschüre „Der Preis der Arbeit" entwickelten Gesichtspunkte im allgemeinen als maßgebend berücksichtigt werden.

Das menschliche Leben kann man in Bezug auf die Arbeit in zwei große Perioden einteilen, in die Zeit, während welcher der Mensch unproduktiv ist und Arbeit verbraucht und in die Zeit, während welcher er

produktiv ist und Arbeit leistet. Die erste Periode würde das Kindes- und Greisenalter umfassen, während die zweite dem Mannesalter angehört.

Von dem Augenblick der Geburt an bedarf der Mensch der Ernährung, Kleidung, Wartung u. s. w. und verursacht dadurch anderen Menschen Kosten, welche sich in etwa folgender Weise ermitteln lassen.

1. Von der Geburt bis zum vollendeten fünften Jahre kostet der Unterhalt einschließlich Wartung u. s. w. täglich 0,50 ℳ, oder jährlich 182,50 ℳ, daher für fünf Jahre . . . . . 912,50 ℳ
2. Vom vollendeten fünften bis zum vollendeten zehnten Jahre werden täglich etwa 0,70 ℳ Kosten verursacht, sie betragen daher jährlich 255,50 ℳ und für den Zeitraum von fünf Jahren . . . . . 1277,50 „
3. Vom vollendeten zehnten bis zum vollendeten fünfzehnten Jahre sind täglich 0,80 ℳ, jährlich 292 ℳ und für den Zeitraum von fünf Jahren erforderlich 1460,00 „

Der Gesammtbetrag ist daher 3650,00 ℳ

Hierzu würde noch der Betrag kommen, den die Eltern während der Lehrzeit meistens als Zuschuß zum Lebensunterhalt gewähren müssen; er mag während der gewöhnlich 3—4 Jahre dauernden Lehrzeit zu 350 ℳ angenommen werden. Demnach haben die Eltern für den jungen Mann, bis er im stande ist, seinen Unterhalt selbst zu verdienen, 3650 + 350 = 4000 ℳ aufwenden müssen, oder mit anderen Worten, unter den gegebenen Voraussetzungen hat der Mensch schon 4000 ℳ Schulden gemacht, ehe er überhaupt in der Lage ist, sich das zum Leben Erforderliche selbst erwerben zu können. Dieser Betrag erhöht sich auf 5777 ℳ, wenn, wie es eigentlich richtig ist, von dem ersten Augenblicke an Zins auf Zins gerechnet würde. Um indessen die kleinen gelegentlichen Leistungen des Kindes im elterlichen Haushalt zu berücksichtigen, mag der erste Betrag als der am meisten zutreffende angenommen werden.

Während der produktiven Periode, welche man vom vollendeten 19. bis zum vollendeten 59. Lebensjahre rechnen kann, so daß sie einen Zeitraum von 40 Jahren umfaßt, muß nun zunächst der Betrag von 4000 ℳ amortisiert werden. Da der Mensch aber gewissen Zufälligkeiten unterworfen ist, welchen die Maschine im allgemeinen nicht unterliegt, wohin

vor allem zu rechnen ist, daß er vor dem Beginn des 60. Lebensjahres sterben oder erwerbsunfähig werden kann, womit die Amortisation seiner Schuld in Frage gestellt wird, so muß er einer Versicherung beitreten, welche den Betrag von 4000 ℳ entweder bei Vollendung des 59. Lebensjahres oder bei dem Tode des Versicherten an die Eltern oder die Erben auszahlt. Hierfür würden jährlich etwa 95 ℳ erforderlich sein. Ferner muß der Mensch während der produktiven Periode sich gegen Krankheit versichern, wofür er zur Krankenkasse jährlich einen Betrag von etwa 15,60 ℳ zu entrichten hat; ebenso würden für Invaliditäts- und Altersversicherung etwa 7,80 ℳ erforderlich werden. Da eine zeitweise Erwerbslosigkeit eintreten kann und ein barer Zuschuß bei Krankheitsfällen, vorzeitiger Invalidität und im Alter trotz der Versicherung erforderlich ist, so sind hierfür jährlich noch 50 ℳ zurückzulegen. Für Steuern und sonstige Abgaben wird man 30 ℳ und für den Lebensunterhalt, für Wohnung, Kleidung, Feuerung, Licht u. s. w., ohne hier die einzelnen Beträge näher anzuführen, wenigstens 700 ℳ jährlich zu rechnen haben, so daß sich hieraus ein Gesamtbetrag von $95 + 15{,}60 + 7{,}80 + 50 + 30 + 700$ ℳ $= 897{,}40$ ℳ oder rund 900 ℳ ergibt. Unter der Annahme, daß jährlich (ausschließlich der Tage für Krankheit, Erwerbslosigkeit 2c.) 300 Arbeitstage vorhanden sind, wird der Mensch also täglich $\frac{900}{300} = 3$ ℳ verdienen müssen. Dieser Wert würde auch recht gut noch für solche Leute zutreffend sein, welche nicht als Lehrlinge gearbeitet haben, da gerade diese Arbeiter infolge ihrer wechselnden Beschäftigung häufig die Zahl von 300 Arbeitstagen nicht erreichen.

Nach den hier gemachten Voraussetzungen würde der Mensch mit der Zeit völlig verarmen, wenn er die erwähnten 3 ℳ täglich nicht verdiente. Es ist daher gewiß gerechtfertigt, von diesem Lohnsatz als Minimalarbeitsverdienst bei der Berechnung der Kosten des Menschen als Motor auszugehen.

Es fragt sich jetzt nur noch, wie viel mechanische Arbeit für diesen Lohnsatz wirklich geleistet wird. Nach Versuchen von Köpcke kann ein Mann in 10 Stunden an der Kurbel der Kunstramme 180000 mkg leisten, während von anderer Seite die Leistung auf 229000 mkg in 8 Stunden angegeben wird; als mittleren Wert kann man daher 200000 mkg in 9 Stunden oder in $9 \cdot 60 \cdot 60 = 32400$ Sekunden ansehen. In Pferdestärken umgerechnet, würde diese Leistung einen Wert von

$$\frac{200\,000}{32\,400 \cdot 75} = 0{,}082 \text{ Pferdestärken}$$

ergeben. Demnach kosten 0,082 Pferdestärken täglich 3 ℳ; nimmt man eine tägliche Arbeitszeit von 10 Stunden an, so kosten 0,082 Pferdestärken stündlich $\frac{3{,}00}{10} = 0{,}3$ ℳ oder eine Pferdestärke in einer Stunde

$$\frac{1}{0{,}082} \cdot 0{,}3 = 3{,}66 \text{ ℳ}$$

Mit diesem Werte werden die Betriebskosten der übrigen Kleinkraftmaschinen zu vergleichen sein.

§ 5.

Das Pferd als Motor.

Ein gutes, starkes Pferd kann am Göpel täglich 8 Stunden im Schritt arbeiten und dabei 1 116 000 mkg leisten, also in einer Stunde den 8. Teil = 145 750 mkg. Da die Leistung in Pferdestärken auszudrücken ist, so muß dieser Wert noch auf 1 Sekunde bezogen, also durch 60 × 60 und dann noch durch 75 geteilt werden; die Leistung A eines Pferdes ist somit

$$A = \frac{145\,750}{60 \cdot 60 \cdot 75} = 0{,}54 \text{ PS.}$$

d. h. das Pferd leistet nur etwas mehr als $^1/_2$ Pferdestärke.

Die Betriebskosten berechnen sich in folgender Weise. Ein dreijähriges kaltblütiges Gebrauchspferd kostet rd 1000 ℳ. Es kann etwa 15 Jahre lang arbeiten, dann muß es durch ein neues ersetzt werden. Für die Berechnung werde angenommen, daß es dann keinen Wert mehr habe. Demnach entfallen jährlich auf

1.	Amortisation $\frac{1000}{15}$	ℳ	66,67
2.	Verzinsung $\frac{1000 \cdot 5}{100}$	„	50,—
3.	Unterhaltung, Futter, Stall, Streu, Beschlag, Versicherung, Tierarzt	„	700,—
4.	Wartung und Pflege, wenn hierfür, wie üblich, $^1/_2$ männliche Arbeitskraft gerechnet wird, 365 Tage zu $\frac{2{,}50}{2}$	„	456,25
	Zusammen . .	ℳ	1272,92

Hierfür werden geleistet in 300 Tagen zu 10 Stunden 0,54 PS. Demnach kostet 1 Pferdekraft in einer Stunde

$$1 \text{ PS.} = \frac{1272{,}92}{300 \cdot 10 \cdot 0{,}54} = 0{,}78 \text{ ℳ}$$

sie ist also schon erheblich billiger als die vom Menschen geleistete Arbeit, die 3,66 ℳ kostete.

II. Belebte Motoren oder Kraftmaschinen.

§ 6.

Wasserkraftmaschinen.

Wie schon im § 1 erwähnt wurde, gab es 1895 im Deutschen Reich 53 908 Wasserkraftmaschinen, die 626 853 Pferdestärken leisteten, demnach lieferte jede etwa $11\,^1/_2$ PS. Da für die Kleinbetriebe die Turbinen mit ihren großen Leistungen nicht in Frage kommen und Wasserdruckmotoren nur ganz vereinzelt da benutzt werden, wo eine Wasserleitung mit hohem Druck vorhanden ist, so wären hier nur kurz die Wasserräder zu erwähnen.

Die Leistung eines Wasserrades ergibt sich theoretisch aus der Wassermenge Q in cbm, die sekundlich dem Rade zugeführt wird, und der Gefällhöhe H in m, das ist der Unterschied zwischen den Wasserspiegeln im Ober- und Untergraben. Da 1 cbm Wasser 1000 kg wiegt, so ist die Arbeit A, die die Wassermenge Q verrichtet, wenn sie H Meter in einer Sekunde hinabfällt

$$A = 1000 \; Q \, H$$

oder in Pferdestärken ausgedrückt

$$N = \frac{1000 \; Q \, H}{75}$$

Beim Zufluß des Wassers zum Rade, bei der Bewegung des Wassers in den Radschaufeln und der Bewegung des Rades im Unterwasser u. s. w. treten Effektverluste auf, so daß die Nutzleistung eines Wasserrades nur

$$N_e = g \, \frac{1000 \; Q \, H}{75}$$

wird, worin g das Güteverhältnis oder der Wirkungsgrad des Rades ist.

Nach der Zuführung des Wassers kann man die Wasserräder einteilen:

1. in oberschlächtige Wasserräder, das sind solche, bei denen das Wasser am Scheitel des Rades zugeführt wird; sie werden verwendet bei Gefällhöhen von 3—12 m und bei einer Wassermenge bis zu 0,7 cbm in der Sekunde, sie haben dann je nach der Gefällhöhe einen Wirkungsgrad $g = 0{,}6—0{,}8$;

2. in mittelschlächtige Wasserräder, das sind solche, bei denen das Wasser etwa in der halben Höhe des Rades zugeführt wird; sie werden verwendet bei Gefällhöhen von 1,5—4 m und bei Wassermengen von 0,5—2,5 cbm und liefern dann, wenn der Wasserzufluß durch besonders geformte, horizontale Leitschaufeln (Coulissen) stattfindet, ein $g = 0{,}65—0{,}7$ und wenn der Wasserzufluß nur durch Überfall erfolgt, ein $g = 0{,}6—0{,}65$;

3. in unterschlächtige Wasserräder, das sind solche, bei denen das Wasser am Fuß des Rades zugeführt wird, sie werden verwendet bei Gefällhöhen bis 0,9 m und bei Wassermengen bis 5 cbm, sie haben dann ein $g = 0{,}3—0{,}4$.

Eine besondere Art dieser Räder bildet das Ponceletrad, das nach bestimmten Regeln geformte Schaufeln an seinem Umfang hat. Es kann bei Gefällhöhen von 0,7—1,5 m und bei Wassermengen von 1—5 cbm verwendet werden und liefert dann ein $g = 0{,}6—0{,}7$.

Für die Ermittelung der Leistung eines Wasserrades ist die Bestimmung der Wassermenge Q mit einigen Schwierigkeiten verknüpft. In vielen Fällen genügt es, wenn man eine Stelle des Baches aussucht, an welcher der Bachquerschnitt auf 10—30 m Länge möglichst der gleiche ist und mittelst eines schwimmenden Gegenstandes die Geschwindigkeit des fließenden Wassers bestimmt, also den Weg in m ermittelt, den der Gegenstand und somit auch das Wasser in einer Sekunde zurücklegt. Sodann spannt man über den Bach an dieser Stelle ein Bandmaß und mißt in gleichen Abständen (etwa von 0,5 m zu 0,5 m) die Wassertiefen, trägt sie auf Papier auf und stellt so eine Figur her, die dem Querschnitt des Baches entspricht. Ihren Inhalt ermittelt man durch Zerlegung der ganzen Figur in Dreiecke und Rechtecke, deren Inhalt man mit den vorhandenen Maßen bestimmen kann. Es sei beispielsweise die Wassergeschwindigkeit zu 0,5 m und der Querschnitt des Baches zu 1,9 qm ge-

funden worden, dann wird in jeder Sekunde an dieser Stelle eine Wassermenge Q vorbeifließen, die dem Inhalte eines Prismas von 1,9 qm Querschnitt und 0,5 m Höhe entspricht. Die sekundliche Wassermenge ist also

$$Q = 1{,}9 \cdot 0{,}5 = 0{,}95 \text{ cbm.}$$

Steht nun eine Gefällhöhe von 3 m zur Verfügung, so könnte ein mittelschlächtiges Wasserad mit Couliſſeneinlauf verwandt werden, das dann bei $g = 0{,}65$

$$N_e = g \frac{1000\ Q\ H}{75} = 0{,}65 \frac{1000 \cdot 0{,}95 \cdot 2}{75}$$

$$N_e = 16{,}4 \text{ PS.}$$

leisten würde.

Die Wassermenge, die zur Verfügung steht, ist aber starken Schwankungen unterworfen; im Sommer und mitunter auch im Winter fehlt es längere Zeit hindurch fast ganz an Wasserzufluß, im Frühling und Herbst ist er dagegen im Übermaß vorhanden. Man muß deshalb in der Nähe des Wasserrades einen Teich haben, in dem so viel Wasser angesammelt werden kann, daß ein ununterbrochener Betrieb wenigstens von einigen Stunden möglich ist. Diese Teiche reichen aber für einen geregelten Betrieb noch keineswegs aus, es werden deshalb jetzt da, wo die genügende Anzahl von Gewerbebetrieben vorhanden ist und die Bodengestaltung es gestattet, Talsperren angelegt, das heißt, es wird an geeigneter Stelle quer durch ein Tal eine mächtige Mauer gezogen, hinter der in regenreichen Zeiten die Niederschläge gesammelt werden, um in trocknen Zeiten den zu speisenden Bächen nach und nach wieder zugeführt zu werden. Hierdurch wird es möglich, den Wassertriebwerken stets annähernd dieselbe Wassermenge während der ganzen Betriebszeit zur Verfügung zu stellen.

Es wären jetzt die Betriebskosten für das vorhin angegebene Rad zu ermitteln. Der Preis eines mittelschlächtigen eisernen Rades von etwa 4,5 m Durchmesser und 2 m Breite beträgt 3900 ℳ, für den Couliſſeneinlauf kommen noch etwa 900 ℳ und für die Fundamentierungsarbeiten 1200 ℳ hinzu, demnach kostet das betriebsfertige Rad 6000 ℳ. Dabei ist vorausgesetzt, daß ein Teich mit dem erforderlichen Unter- und Oberwassergraben und ein Stauwehr vorhanden sind. Wenn eine Talsperre fehlt, so wird für das Wasserrad während etwa 1200 Stunden im Jahre das erforderliche Wasser vorhanden sein. Es ergibt sich also folgende

Betriebskostenberechnung für ein Wasserrad ohne Talsperre.

1. Amortisation $\frac{6000}{15}$ = ... ℳ 400
2. Verzinsung $\frac{6000}{100} \cdot 5$ = ... „ 300
3. Reparaturen, Schmiermaterial 2c. „ 150

Zusammen ℳ 850

Dafür werden geleistet 16,4 PS. während 1200 Stunden, es kostet somit

1 PS. in 1 Stunde $\frac{850\ ℳ}{16{,}4 \cdot 1200} = 0{,}043\ ℳ = 4{,}3$ Pfennig.

Sobald aber eine Talsperre vorhanden ist, wird der Besitzer des Wasserrades an die betreffende Baugenossenschaft einen jährlichen Beitrag zu zahlen haben, der sich nach der Höhe der Baukosten 2c. richtet. Gesetzt der obige Gewerbetreibende müsse jährlich 300 ℳ Beitrag entrichten, wofür er dann allerdings im Jahre 3000 Stunden arbeiten kann, dann ergibt sich folgende

Betriebskostenberechnung für ein Wasserrad mit Talsperre.

1. Amortisation wie vorher . . . . ℳ 400
2. Verzinsung . . . . . „ 300
3. Reparaturen, Schmiermaterial 2c. . „ 200
4. Beitrag für die Talsperre . . . . „ 300

Zusammen ℳ 1200

Dafür werden geleistet 16,4 PS. während 3000 Stunden, demnach kostet

1 PS. in einer Stunde $\frac{1200\ ℳ}{16{,}4 \cdot 3000} = 0{,}024\ ℳ = 2{,}4$ Pfennig.

Der Wasserradbesitzer spart also trotz seiner Mehrausgaben an Talsperrenbeitrag an jeder Pferdekraft in jeder Stunde 4,3 — 2,4 = 1,9 Pfg., das macht im Jahre etwa 900 ℳ. In der Verbilligung der Betriebskosten durch einen regelmäßigen Betrieb und den damit noch zusammenhängenden weiteren Vorteilen liegt die ungeheure Bedeutung der Talsperren, mit deren Bau man hoffentlich auch dazu übergehen wird, zweckentsprechende Wasserräder zu verwenden, was leider bis jetzt noch recht wenig der Fall ist.

§ 7.

Windkraftmaschinen.

Im Jahre 1895 waren im Deutschen Reiche 18 242 Windmotoren vorhanden, von denen 15 638 allein auf die Gruppe Nahrungs- und

Genußmittel entfallen und deshalb wohl zum Mahlen von Getreide dienten.

Zum Antrieb von Arbeitsmaschinen für das Kleingewerbe kommen Windräder kaum in Frage, weil die Kraftquelle — der Wind — in Stärke und Richtung zu großen Schwankungen für einen geregelten Betrieb unterworfen ist. Sehr häufig haben deshalb die Getreidemühlen zur Aushilfe in der windstillen Zeit noch einen anderen Motor — Dampfmaschine, Benzinmotor u. s. w. — in Reserve aufgestellt. Es erübrigt daher hier weiter auf diese Motoren einzugehen.

Wärmekraftmaschinen.

A. Mit indirekter Ausnutzung der erzeugten Wärme.

§ 8.

a) Dampfmaschinen.

Die ersten Anfänge zur Ausnutzung der Spannkraft des Wasserdampfes werden gewöhnlich bis auf Hero von Alexandrien (geb. 120 v. Chr.) zurückgeführt, jedoch gelang es erst dem Engländer Newcomen eine brauchbare Dampfmaschine zu konstruieren. Seine Erfindung war durch Patent von 1705 geschützt und bestand darin, daß er in einem stehenden, oben offenen Zylinder, dessen Kolben durch Gegengewichte stets nach oben gezogen wurde, von unten etwas Dampf eintreten ließ; dann spritzte er Wasser in den Dampfraum, so daß der Dampf kondensierte und dadurch einen stark luftverdünnten Raum erzeugte, worauf dann die atmosphärische Luft den Kolben arbeitverrichtend abwärts bewegte. Diese Maschine ist in Bergwerken und auch sonst mannigfach benutzt worden, obwohl ihre Leistung nur gering war. Erst James Watt erfand 1769 die einfach- und 1781 die doppeltwirkende Dampfmaschine, d. h. er benutzte die Spannkraft des Wasserdampfes hinter dem Kolben nicht zur Erzeugung einer Luftverdünnung, sondern als treibende Kraft. Seitdem sind die Dampfmaschinen sowohl in der Verteilung des Dampfes (Doppelschiebern, zwangläufigen Ventilsteuerungen u. s. w.) als auch in seiner Ausnutzung (Verbundmaschinen, mehrfache Expansionsmaschinen u. s. w.) außerordentlich vervollkommnet. Den Vorteil von all diesen Erfindungen hat aber nur die Großindustrie gehabt, weil die meisten

Verbesserungen an kleinen Dampfmaschinen nicht angewendet werden können. Bevor ich indessen dazu übergehe, einzelne Maschinen zu besprechen, sind noch einige allgemeine Bemerkungen nötig.

Um eine Dampfmaschine betreiben zu können, ist ein Dampfentwickler (Dampfkessel) erforderlich, dessen Betrieb für die Arbeiter, Nachbarn oder das Publikum Gefahren mit sich bringt, indem er explodieren und dabei große Verwüstungen anrichten kann. Deshalb ist auch schon in der preußischen Gewerbeordnung vom 17. Januar 1845 vorgeschrieben, daß zur Aufstellung von „Dampfmaschinen, Dampfkesseln und Dampfentwicklern" eine besondere gewerbepolizeiliche Erlaubnis erforderlich ist. Nach der Gewerbeordnung vom 21. Juni 1869 sind nur noch die „Dampfkessel", d. h. Gefäße, in denen Dampf aus Wasser durch Feuer hergestellt und denen der Dampf planmäßig entzogen wird, genehmigungspflichtig. Der Antrag zur Aufstellung eines Dampfkessels ist bei dem zuständigen Dampfkessel-Überwachungsverein anzubringen, der ihn an die königl. Gewerbeinspektion weitergibt. Diese reicht ihn bei der genehmigenden Behörde (Kreis- oder Stadtausschuß) ein, die dann die Urkunde ausfertigt. Bei der Aufstellung sind die allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln vom 5. August 1890 zu beachten.

Wer einen Dampfkessel ohne die dazu erforderliche Genehmigung errichtet, wird nach § 147 Abs. 1 Nr. 2 der Reichsgewerbeordnung mit Geldstrafe bis 300 ℳ oder entsprechender Haft bestraft.

Die Dampfkessel müssen nach dem preußischen Gesetz vom 3. Mai 1872 regelmäßig auf ihre Betriebssicherheit untersucht werden. Diese Revisionen führen die Dampfkessel-Überwachungsvereine gegen Entrichtung eines jährlichen Beitrages aus. Die Vorbereitungen hierzu verursachen mitunter nicht unerhebliche Kosten und unliebsame Betriebsstörungen.

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Dampfmaschinen ist noch eine kleine Betrachtung nötig.

Wenn 1 Liter Wasser um 1° erwärmt werden soll, so ist dazu eine Wärmemenge nötig, die man als Wärmeeinheit WE. bezeichnet. (§ 3.) Hat das zu verdampfende Wasser 0° Wärme, so sind 100 WE. erforderlich, um es auf eine Temperatur von 100° zu bringen; will man es nun in Dampf verwandeln, so sind hierzu noch weitere 536 WE. nötig, also im ganzen 636 WE. erforderlich. Jetzt hat man erst Dampf

von 100°. Soll dieser Arbeit verrichten, so muß er auch Spannung erhalten, es muß also noch mehr Wärme zugeführt werden. Beispielsweise hat Dampf von

1 Atm. absol. Spannung eine Temperatur v. 100° u. 636,7 WE

2	„	„	„	„	„	„ 120°	„ 642,9	„	Unterschied = 7,2 WE
4	„	„	„	„	„	„ 148°	„ 650,1	„	„ = 4,6 „
6	„	„	„	„	„	„ 158°	„ 654,7	„	„ = 3,5 „
8	„	„	„	„	„	„ 169°	„ 658,2	„	„ = 2,9 „
10	„	„	„	„	„	„ 179°	„ 661,1	„	„ = 2,4 „
12	„	„	„	„	„	„ 187°	„ 663,5	„	

Hieraus geht deutlich hervor, daß je höher die Dampfspannung genommen wird, um so geringer wird die erforderliche Wärmemenge, demnach ist es vorteilhaft, hohe Dampfspannungen zu verwenden. Da man bei den Auspuffdampfmaschinen mindestens wieder Dampf von 100° aus dem Zylinder entweichen läßt, so kann man aus vorstehender Übersicht entnehmen, wie viel Wärmeeinheiten in der Maschine ausgenutzt werden können. Es sei zum Beispiel in dem Zylinder einer Dampfmaschine ein Anfangsdruck von 8 Atm. absolut vorhanden, also 7 Atm. über den äußeren Luftdruck, so würden im günstigsten Falle (ohne das Vorhandensein von Wärmeverlusten 2c.) 658,2 — 636,7 = 21,5 WE. oder nur 3,3 % der im Dampf enthaltenen Wärme ausgenutzt werden können.

Bei der Erzeugung des Dampfes treten ebenfalls große Energieverluste auf. Wenn 1 kg Steinkohle auf dem Rost eines Dampfkessels verbrannt wird, so werden dadurch etwa 7200 WE. erzeugt, von denen aber bei kleineren Maschinen nur etwa 3600 WE. zur Erwärmung des Wassers im Dampfkessel dienen, während etwa 3600 WE. durch den Schornstein mit den Verbrennungsgasen abgeführt werden oder durch Strahlung verloren gehen.

Bekanntlich haben die Lokomobilen von R. Wolf in Magdeburg—Buckau hinsichtlich ihrer Wärmeausnutzung mehrfach die Konkurrenz geschlagen. Eine 100pferdige Verbund-Lokomobile Nr. 3620 hat nach den Untersuchungen des Magdeburger Vereins für Dampfkesselbetrieb in einer Stunde für eine nutzbare Pferdestärke 0,925 kg Kohlen verbraucht, von denen 1 kg beim Verbrennen 7282 WE. entwickelte. In einer Sekunde sind also $\frac{0{,}925 \cdot 7282}{60 \cdot 60}$ WE. erzeugt worden, und da das mechanische

Wärmeäquivalent 1 WE. = 424 mkg ist, so entspricht dieser Wert einer Arbeit von $\frac{0{,}925 \cdot 7282 \cdot 424}{60 \cdot 60}$ = 792,9 mkg. Mit der Kohlenmenge von 0,925 kg wurde eine Nutzleistung von 1 PS. = 75 mkg erzielt, folglich wurden nur 9,46 % der erzeugten Wärme ausgenutzt. Den Ausdruck $\frac{\text{erzeugte Energie}}{\text{nutzbare Energie}}$ bezeichnet man mit g_w und nennt ihn den wirtschaftlichen Wirkungsgrad. Im vorliegenden Falle wäre also $g_w = \frac{75}{792{,}9} = 0{,}094$. Dieser sinkt noch ganz erheblich bei kleineren Dampfmaschinen. Eine 10pferdige Wolf'sche Lokomobile verbrauchte für eine Bremspferdestärke 2,08 kg Kohlen, welche einer Arbeit von $\frac{2{,}08 \cdot 7282 \cdot 424}{60 \cdot 60}$ = 1784 mkg entsprachen. Der wirtschaftliche Wirkungsgrad ist demnach $g_w = \frac{75}{1784}$ = 0,042, d. h. 95,8 % der auf dem Rost erzeugten Wärme oder der mechanischen Energie gehen verloren. Wahrlich eine furchtbare Verschwendung.

Es sind nun die Betriebskosten der Dampfmaschinen zu ermitteln.

Für die Maschinen, wie sie die Großindustrie braucht, gehen sie aus der folgenden Übersicht hervor.

Kostenberechnung für Verbund-Dampfmaschinen-Anlagen mit Kondensation.

Für eine Betriebsdauer von 3000 Stunden.

Anzahl der effektiven Pferdestärken	40	60	100	150
Preis der Anlage in ℳ	18 000	25 000	45 000	60 000
Amortisation u. Verzinsung 11 % . .	ℳ = 1 980	ℳ = 2 750	ℳ = 4 950	ℳ = 6 600
Kohlenverbrauch je 100 kg = 1,6 ℳ .	1,7.40.3000.1,6 / 100 = 3 264	1,4.60.3000.1,6 / 100 = 4 032	1,3.100.3000.1,6 / 100 = 6 240	1,2.150.3000.1,6 / 100 = 8 640
Schmieröl ꝛc. . . .	= 420	= 580	= 1 000	= 1 100
Reparaturen . . .	= 400	= 500	= 600	= 800
Wartung und Verschiedenes . . .	= 2 000	= 2 100	= 2 200	= 2 500
Zusammen ℳ	8 064	9 962	14 990	19 640

Demnach kostet eine effektive Pferdekraft in einer Stunde, wenn für das Kondensationswasser keine Kosten in Rechnung gestellt werden:

bei der 40pferdigen Dampfmaschine $\frac{8064}{40 \cdot 3000} = 6{,}7$ Pfennig.

bei der 60pferdigen Dampfmaschine $\frac{9962}{60 \cdot 3000} = 5{,}5$ „

bei der 100pferdigen Dampfmaschine $\frac{14990}{100 \cdot 3000} = 5{,}0$ „

bei der 150pferdigen Dampfmaschine $\frac{19640}{150 \cdot 3000} = 4{,}4$ „

Diesen Preis sucht man jetzt, nachdem die Verbesserungen, wie Kondensationsvorrichtungen und mehrfachen Verbundsysteme wohl beinahe ihren Höhepunkt erreicht haben, noch dadurch herabzudrücken, daß der Wasserdampf vor dem Eintritt in die Maschine in besonderen Apparaten überhitzt wird, das heißt, ihm wird durch Wärmezufuhr eine höhere Temperatur gegeben als seiner Spannung entspricht, oder daß die noch im Abdampf enthaltene Wärme ausgenutzt wird. Wie schon aus den Betrachtungen auf Seite 29 hervorgeht, ist dieser Weg richtig und auch Erfolg versprechend. Bei einer solchen Maschine hat man den Auspuffdampf aus dem Dampfzylinder in ein geschlossenes Gefäß (Kondensator) treten lassen, in welchem sich viele parallel angeordnete Rohre befinden; der Abdampf umspült die Rohre von außen und erwärmt sie, während durch das Innere, von einer Pumpe getrieben, sich schweflige Säure bewegt, die an den Rohrwandungen erhitzt wird. Da diese Säure schon bei 10 ° Wärme eine Spannung von 1,3 Atm. Ueberdruck hat (bei 55 ° rd 8,7 Atm., bei 60 ° rd 10,0 Atm., bei 65 ° rd 11,5 Atm. und bei 70 ° rd 13,8 Atm.) und ihre Erwärmung bis auf etwa 70° entsprechend einem Druck von 13,8 Atm. getrieben werden kann, so läßt sich ihr durch die Abdampfwärme eine erhebliche Spannung verleihen, die sich nun in einer Maschine, die wie die Dampfmaschine gebaut ist, ausnutzen läßt. Die schweflige Säure, die in dem Cylinder der Säuremaschine ihre Wärme abgegeben und durch die Bewegung des Kolbens in Arbeit umgesetzt hat, wird in einen zweiten Kondensator geleitet, der dem ersten gleich ist. Die Säure tritt durch das Innere der Rohre, deren Außenseite durch kaltes Wasser kühl gehalten wird, bis auf 15° abgekühlt in eine Pumpe, die sie in den ersten Kondensator drückt, wo sie wieder erwärmt wird. Es wird also stets dieselbe Menge schwefliger Säure benutzt.

Nach Prof. Josse (Abwärmekraftmaschinen) ist es schon gelungen, mit einer solchen Maschine von 60 PS. in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg und einer Maschine von 175 PS. in der Centrale der Berliner Elektrizitätswerke in der Markgrafenstraße zu Berlin recht gute Resultate zu erzielen, indem ohne Steigerung des Kohlenverbrauchs etwa

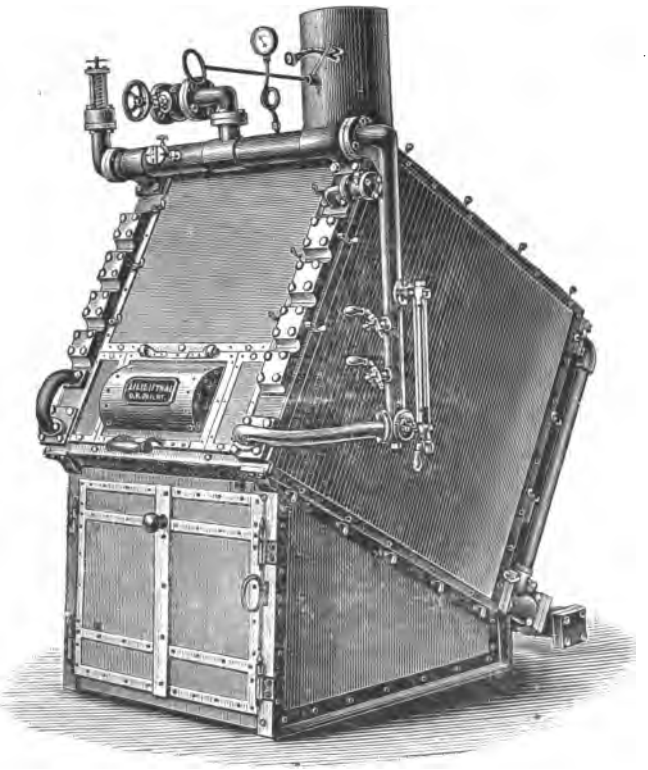


Fig. 5.

40 % der Dampfmaschinenleistung noch durch die Säuremaschine gewonnen wurden. Infolgedessen wird der Preis für die Nutzpferdestärke noch erheblich unter diejenigen auf Seite 30 berechneten herabgehen. Von diesen Maschinen hat der Kleinindustrielle keinen Vorteil, weil er sie nicht verwenden kann.

Allen Kleindampfmaschinen haften in erhöhtem Maße die Mängel an, die schon auf Seite 29 für die Dampfmaschinen im allgemeinen angegeben wurden, insbesondere aber der außerordentlich schlechte wirtschaftliche Wirkungsgrad. Man hat deshalb bei der Konstruktion solcher Dampfkessel und Maschinen einen großen Wert auf möglichste Ausnutzung

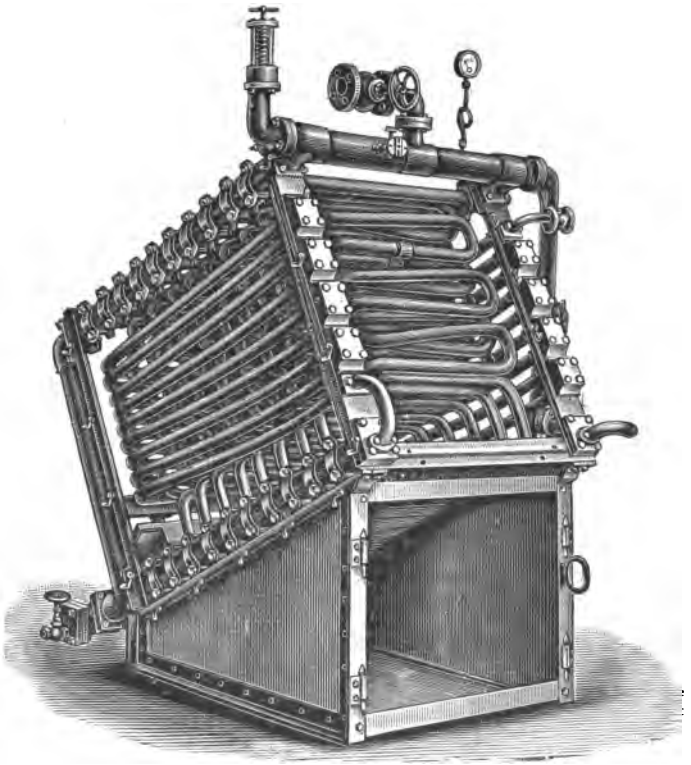


Fig. 6.

der auf dem Rost erzeugten Wärme gelegt. Dies geht besonders hervor aus der Konstruktion des

Schlangenrohrkessels von Otto Lilienthal, Berlin SO.,

der, wie Fig. 5 u. 6 zeigen, nur aus Rohrelementen besteht und deshalb eine große Heizoberfläche zur Verdampfung von Wasser hat. Überdies ist bei solchen Rohren die Möglichkeit einer gefährlichen Explosion ausgeschlossen,

so daß diese Dampfkessel auch unter und über bewohnten Räumen aufgestellt werden dürfen. (Vergl. § 14 Abs. 3 der Bekanntmachung, betr. allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln vom 5. August 1890.) Der Feuerraum ist so angeordnet, daß er innerhalb der Schlangenrohre (Siederohre) liegt, ebenso sind die Windungen der Rohre so geformt, daß sie die Feuerzüge für die Heizgase bilden.

Die Rohre an der Hinterwand und den Seitenwänden des Kessels dienen als Vorwärmer für das Speisewasser, so daß dieses bereits siedet, wenn es in die eigentlichen Schlangenrohre eintritt. Infolgedessen findet eine Bildung von Kesselstein nur in den Vorwärmrohren statt, die sich deshalb leicht öffnen und reinigen lassen. An dem tiefsten Punkte des Dampfkessels befindet sich noch ein Schlammsammler, der ebenfalls leicht gereinigt werden kann. Als Brennmaterial können Koks, Steinkohlen, Holzabfälle 2c. verwendet werden.

Die Kosten der vollständig fertigen Dampfkessel mit Dampfmaschinen gehen aus folgender Berechnung hervor:

Pferdestärken	4	6	10
Preis (Dampfkessel u. Maschine einschl. Zubehör) ℳ	8000	4000	5000
1. Amortisation. Betriebsdauer 10 Jahre .	$\frac{3000}{10}$ = 300 ℳ	$\frac{4000}{10}$ = 400 ℳ	$\frac{5000}{10}$ = 500 ℳ
2. Verzinsung 5% . .	$\frac{3000.5}{100}$ = 150	$\frac{4000.5}{100}$ = 200	$\frac{5000.5}{100}$ = 250
3. Reparaturen, Reinigung, Beitrag für den Revisionsverein 2c. .	= 200	= 250	= 300
4. Schmiermaterial, Verpackung, Ersatz kleiner Teile 2c.	= 150	= 200	= 250
5. Kühlwasser 1 cbm = 0,10 ℳ .	1,5.3000.0,1 = 450	2,2.3000.0,1 = 660	3,6.3000.0,1 = 1080
6. Kohlenverbrauch. 100 kg = 1,60 ℳ .	$\frac{2,5.3000.1,6.4}{100}$ = 480	$\frac{2,5.3000.1,6.6}{100}$ = 720	$\frac{2,5.3000.1,6.10}{100}$ = 1200
Zusammen ℳ	1730	2480	3580

Somit kostet eine Pferdekraft in einer Stunde

beim 4pferdigen Dampfmotor $= \frac{1730}{3000 \cdot 4} = 14{,}42$ Pfennige

beim 6pferdigen Dampfmotor $= \frac{2430}{3000 \cdot 6} = 13{,}50$ „

beim 10pferdigen Dampfmotor $= \frac{3580}{3000 \cdot 10} = 11{,}93$ „

Da zur Erzeugung einer mechanischen Energie von einer Pferdestärke = 75 mkg in der Sekunde stündlich 2,5 kg Kohlen verwendet werden, so wird der wirtschaftliche Wirkungsgrad

$$g_w = \frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{2{,}5 \cdot 7300 \cdot 424} = 0{,}035,$$

d. h. 3 ½ % der erzeugten Wärme werden ausgenutzt und 96 ½ % gehen verloren.

Eine Kleindampfmaschine, die eine ziemlich große Verbreitung gefunden hat, ist der

Dampf-Spar-Motor der Eisenwerke Gaggenau A. G. Gaggenau (Baden).

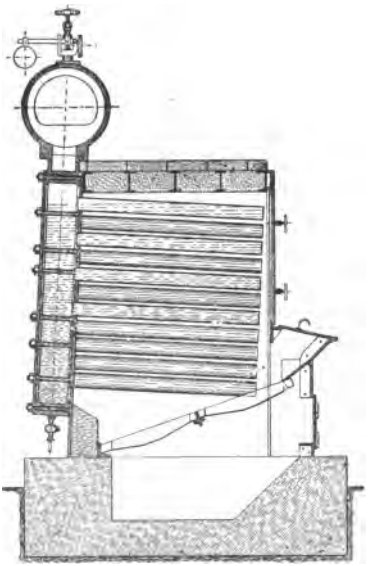


Fig. 7.

Dampfkessel und Dampfmaschine werden auf demselben Fundament aufgestellt, ersterer besteht, wie Fig. 7 zeigt, aus einem senkrechten Wasserkasten. in dessen hinterer Wand an einem Ende geschlossene Siederohre etwas geneigt gegen die Wagerechte eingewalzt sind. Der Rost für die Feuerung ist unter den Siederohren geneigt angeordnet, die Einschüttöffnung befindet sich am geschlossenen Ende der Siederohre. Über dem Wasserkasten ist ein Dampfsammler, von dem der Dampf durch ein Rohr mit Absperrventil in die Maschine geleitet wird, welche, wie aus Fig. 8 u. 9 hervorgeht, einfach wirkend ist. In dem langen Dampfkolben befindet sich ein Bolzen, an welchem die Pleuel- oder Schubstange befestigt ist, deren anderes Ende mittelst der Kurbel die Schwungradwelle mit der Riemen-

scheibe in Umdrehung versetzt. Auf dieser Welle ist ein Excenter angebracht,

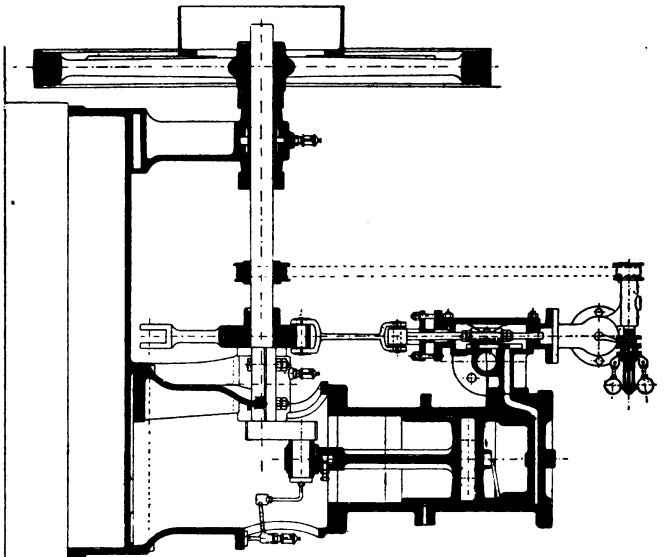


Fig. 8.

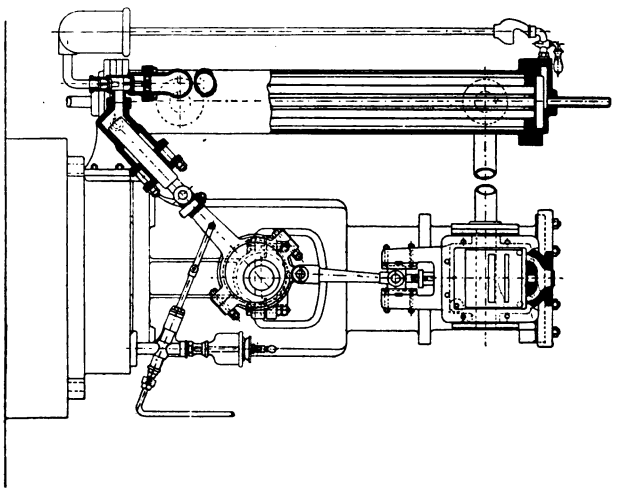


Fig. 9.

von dem zugleich die Schiebersteuerung der Dampfmaschine und die Pumpe, welche das Kondensationswasser in den Kessel speist, angetrieben werden.

Die Regelung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Schwungrades geschieht durch einen empfindlichen Regulator, der den Dampf vor dem Eintritt in die Maschine drosselt. Um die schädlichen Räume möglichst klein zu halten, sind die Dampfkanäle so kurz als angängig gemacht. Der Abdampf wird in einem Oberflächenkondensator, der wie die Dampfmaschine stehend angeordnet ist, niedergeschlagen und dient dann wieder als Kesselspeisewasser. Diese Motoren werden in Größen von 1—30 PS ausgeführt. Ihre Preise gehen aus folgender Übersicht hervor:

Anzahl der Pferdestärken . .	1	2	3	4	6	8	12
Preis des vollständigen Motors (mit Dampfkessel, Kondensator 2c.) . . . ℳ	1375	1700	2025	2525	3025	3425	4475

Der Kohlenverbrauch beträgt für den 1- und 2pferdigen Motor etwa 3,5 kg für jede Nutzpferdestärke in der Stunde, bei dem 3- und 4-pferdigen etwa 3,2 kg und bei dem 5- und 6pferdigen etwa 3 kg. Die Menge des Kühlwassers ist etwa 0,25 cbm für die Stunde und Pferdestärke. Bei der Anschaffung dieser Motoren ist zu beachten, daß nur die 5 kleinsten, also bis einschließlich 6 PS unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen (§ 14 der Bundesratsbekanntmachung vom 5. Aug. 1890) aufgestellt werden dürfen.

Nach umstehender Betriebskostenberechnung der Dampf-Spar-Motoren beträgt der Preis einer Pferdekraft in einer Stunde:

beim 1pferdigen Dampf-Spar-Motor $\frac{60\,925}{3000 \cdot 1} = 20{,}38$ Pfennige,

„ 4 „ „ „ „ $\frac{164\,315}{3000 \cdot 4} = 13{,}69$ „

„ 6 „ „ „ „ $\frac{226\,775}{3000 \cdot 6} = 12{,}59$ „

Der wirtschaftliche Wirkungsgrad dieser Motoren ist, wenn man 3,2 kg Steinkohle für die Nutzpferdestärke in der Stunde rechnet,

$$g_w = \frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{3{,}2 \cdot 7300 \cdot 424} = 0{,}027$$

d. h. es werden nur 2,7 % der auf dem Rost erzeugten Wärme ausgenutzt.

Berechnung der Betriebskosten der Dampf-Spar-Motoren:

Pferdestärken	1	4	6
Preis (Dampfkessel und Maschine einschl. Zubehör) ℳ	1875	2525	3025
1. Amortisation (Betriebsdauer 10 Jahre) . . .	$\frac{1875}{10} = 187{,}50$	$\frac{2525}{10} = 252{,}50$	$\frac{3025}{10} = 302{,}50$
2. Verzinsung 5% . . .	$\frac{1875.5}{100} = 68{,}75$	$\frac{2525.5}{100} = 126{,}25$	$\frac{2025.5}{100} = 151{,}25$
3. Reparaturen, Reinigung, Beitrag für den Revisionsverein 2c.	= 100,00	= 200,00	= 300,00
4. Schmiermaterial, Verpackung, Ersatz kleiner Teile 2c.	= 60,00	= 150,00	= 200,00
5. Kühlwasser. 1 cbm = 0,10 ℳ	0,25.1.3000.0,1 = 75,00	0,25.4.3000.0,1 = 300,00	0,25.6.3000.0,1 = 450,00
6. Kohlenverbrauch. 100 kg = 1,60 ℳ	$\frac{3{,}5.3000.1{,}6}{100} = 168{,}00$	$\frac{3{,}2.4.3000.1{,}6}{100} = 614{,}40$	$\frac{3{,}0.6.3000.1{,}6}{100} = 864{,}00$
Zusammen ℳ	609,25	1648,15	2267,75

Zu den Kleindampfmaschinen gehört ferner der sogenannte Hoffmeister- (auch Altmann-Hoffmeister-)Dampfmotor, der von

Hermann Aldehoff, Berlin N.

gebaut wird. Sein Dampfkessel besteht aus einem schmiedeeisernen, geschweißten Dampfkasten, der wagerecht gelagert ist, und in dessen unterer Seite Siederohre eingewalzt sind, deren Form einem langgestreckten U gleicht. Der schräge Rost ist so angeordnet, daß die Flammen fast die ganze Länge der Rohre und einen Teil der unteren Seite des Wasserkastens bestreichen. Die Rauchgase treten an der der Feuerung entgegengesetzten Seite in den Kamin. Auf der oberen Seitenwand des Wasserkastens ist ein Dampfdom vorhanden, in dem der Zylinder der Dampfmaschine, möglichst vor Abkühlung geschützt, bei 2- und 4pferdigen Motoren stehend, bei den übrigen liegend eingebaut ist (vergl. Fig. 10 u. 11). Die Dampf-

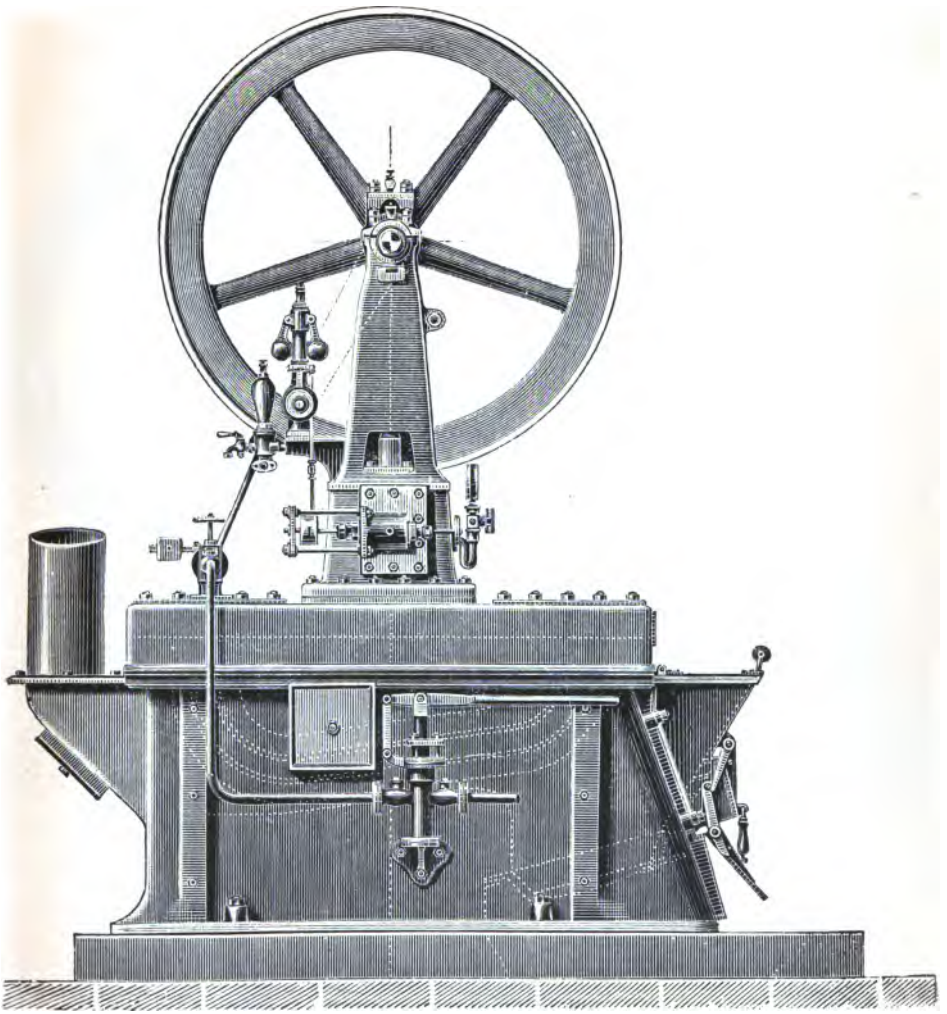


Fig. 10.

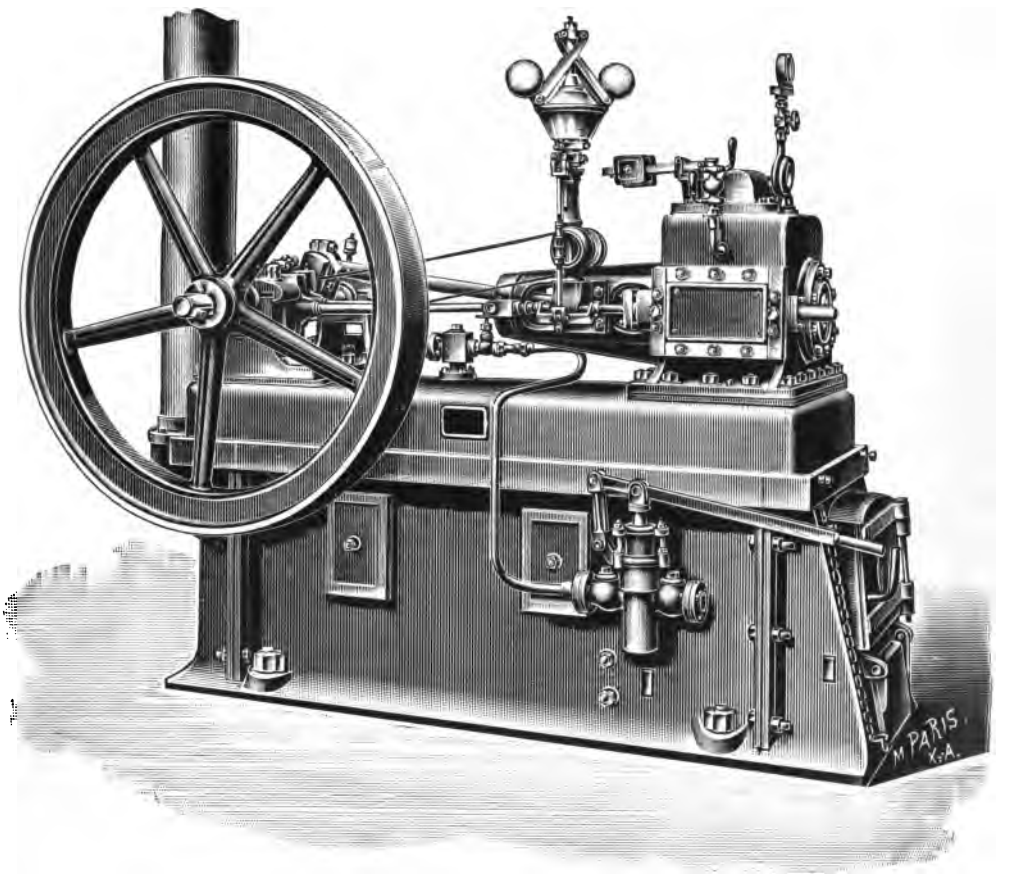


Fig. 11.

maschine arbeitet mit Kondensation. Der niedergeschlagene Dampf wird durch ein Filter von anhaftendem Schmieröl gereinigt und dient dann für den Dampfkessel als Speisewasser. Motor und Dampfkessel gelangen auch getrennt zur Aufstellung. Die Preise und Größen der Motoren gehen aus folgender Übersicht hervor:

Pferdestärken	1—1½	2—3	4—5	6	7	8—10	12—15
Preis des fertigen Motors einschl. Kondensator, Filter u. s. w. . . . . ℳ	1575	2100	2835	3675	3885	4725	6300

Diese Motoren dürfen nicht unter bewohnten Räumen aufgestellt werden, wenn das Produkt aus Dampfspannung in Atmosphären-Überdruck und Heizfläche in qm mehr als 30 beträgt. (§ 14 Abs. 3 Bek. 5. August 1890.)

Die Betriebskosten und der wirtschaftliche Wirkungsgrad sind leicht zu ermitteln, wenn man berücksichtigt, daß zur Erzeugung einer Nutzpferdestärke in der Stunde etwa 2,5—3,5 kg Steinkohlen erforderlich sind. Die Werte weichen von den zuvor angegebenen nicht wesentlich ab.

Transportable Dampfmotoren werden noch von

Scharrer & Groß in Nürnberg

gebaut; sie bestehen aus einem stehenden Feuerbüchsenkessel mit Quersiedern und einer getrennt davon, aber auf demselben Fundament angeordneten Dampfmaschine. Größe und Preise gehen aus folgender Übersicht hervor:

Pferdestärken . . .	1	2	3	4	5	6—8	8—10	10—12	12—15
Preis des Kessels und der Maschine . ℳ	1850	1725	2050	2550	2750	3200	4000	4800	5200

Der Dampfkessel und der Zylinder der Maschine sind durch doppelte Umhüllung möglichst vor Wärmeverlusten geschützt.

Noch andere Firmen haben sich mit dem Bau von Kleindampfmaschinen beschäftigt. Ihre Motoren haben meines Wissens keine so weite Verbreitung, als die hier angeführten, gefunden.

§ 9.

b) Heißluftmaschinen.

Es ist ein bekanntes Naturgesetz, daß ein Körper sich ausdehnt, wenn ihm Wärme zugeführt wird, und sich zusammenzieht, wenn ihm Wärme entzogen wird. Hindert man ihn daran, diese Bewegungen auszuführen, so sucht er diese Hindernisse unter bedeutender Kraftentwicklung zu überwinden. Der Gedanke lag somit nicht fern, einem geeigneten Körper, der sich selbstredend in gasförmigem Zustande befinden und überall leicht und ohne erhebliche Kosten zu haben sein mußte, Wärme zuzuführen, ihn dadurch auszudehnen und ihm in diesem Bestreben einen überwindbaren Widerstand entgegenzusetzen. Man brauchte daher nur in einem zylindrischen Gefäße hinter einem beweglichen Kolben einen luftförmigen Körper zu erwärmen, wodurch er sich ausdehnen und den beweglichen Kolben kräftig nach einer bestimmten Richtung hin forttreiben mußte, diesen Körper dann wieder abzukühlen und den Vorgang oft zu wiederholen, so war damit im Prinzip eine Kraftmaschine geschaffen. Als zweckentsprechender Körper, der während der Wärmezufuhr sich arbeitverrichtend ausdehnen konnte, fand sich die überall vorhandene atmosphärische Luft, als Wärmequelle hingegen die bekannten Brennmaterialien, Steinkohlen, Braunkohlen, Koks*) 2c.

In einer solchen Kraftmaschine müßten sich daher nacheinander folgende Vorgänge abspielen: Zunächst müßte in einem Zylinder atmosphärische Luft erwärmt werden, sich ausdehnen und einen Kolben in bestimmter Richtung vorwärts treiben, hierauf müßte die Luft abgekühlt werden, sich zusammenziehen und der Kolben in einer der vorigen entgegengesetzten Richtung zurückbewegt werden; außerdem wäre noch die Umsetzung der gradlinigen, hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens durch einen Kurbelmechanismus in eine drehende zu bewirken. In der Tat spielen sich alle diese Vorgänge in der Heißluftmaschine ab.

Die vorhandenen Kleinkraftmaschinen dieser Art lassen sich nun, je nachdem stets dieselbe atmosphärische Luft zur Erwärmung und Abkühlung benutzt oder stets eine andere Luftmenge erwärmt und abgekühlt wird, in

*) Das Wort „Koks" kommt vom lateinischen coquo, coxi, coctum, coquere, kochen und nicht von cogo, coegi, coactum, cogere, zusammentreiben. Es kann daher im Deutschen auch nur „Koks" geschrieben werden.

zwei Gruppen, und zwar in geschlossene und offene Heißluftmaschinen, einteilen.

Demnach sind

geschlossene Heißluftmaschinen solche Motoren, in denen stets dieselbe Luftmenge zur Kraftäußerung benutzt wird,

und

offene Heißluftmaschinen solche Motoren, in denen stets eine andere, also neue Luftmenge arbeitverrichtend wirkt.

Diese letzteren arbeiten daher mit Auspuff und sind mit einem Ausblaserohr versehen, während die ersteren ein solches nicht haben.

Zu den besten geschlossenen Heißluftmaschinen gehört ohne Zweifel diejenige von Rider-Monski von der

Eilenburger Eisengießerei und Maschinenfabrik Alexander Monski.

Sie besteht, wie aus der Ansicht Fig. 12 und dem Durchschnitt Fig. 13 ersichtlich, im wesentlichen aus zwei verschiedenen, getrennt voneinander angeordneten, stehenden Zylindern, zwischen denen sich das Schwungrad befindet. Die Hauptbestandteile sind: die Feuerung mit dem darüber befindlichen Heiztopf H (Fig. 13), der Kraft- oder Arbeitszylinder K mit dem darin beweglichen Kolben B, der Kühlzylinder L mit seinem Kolben A, der auch Verdränger genannt wird, und die zwischen beiden Zylindern befindliche kleine, kastenförmige Verbindung R, der Regenerator.

In dem allseitig geschlossenen Heiztopf H wird durch das unter ihm befindliche Brennmaterial atmosphärische Luft erwärmt, sie muß sich infolgedessen in dem über dem Heiztopf befindlichen Arbeitszylinder K ausdehnen und treibt hierbei den beweglichen Kolben B aufwärts. Sodann tritt die Luft durch den Regenerator R, dessen Zweck sogleich noch näher angegeben wird, in den Verdrängerzylinder L zwischen Zylinderwandung und Kolben ein und wird durch Wasser, das sich zwischen dem Zylinder L und dem ihn umgebenden Mantel befindet, abgekühlt, eilt dann wieder durch den Regenerator R in den Arbeitszylinder K und den Heiztopf H, wird wieder erwärmt, und somit beginnt dasselbe Spiel von neuem.

Um der Luft nicht alle ihr mitgeteilte Wärme durch das Kühlwasser wieder entziehen zu müssen und somit an Brennmaterial zu sparen, ist der Regenerator R angeordnet worden. Er enthält in seinem kastenförmigen

Hohlraum eine große Anzahl kleiner Metallplatten, durch welche die erwärmte Luft bei dem Übertritt vom Arbeits- in den Verdrängerzylinder

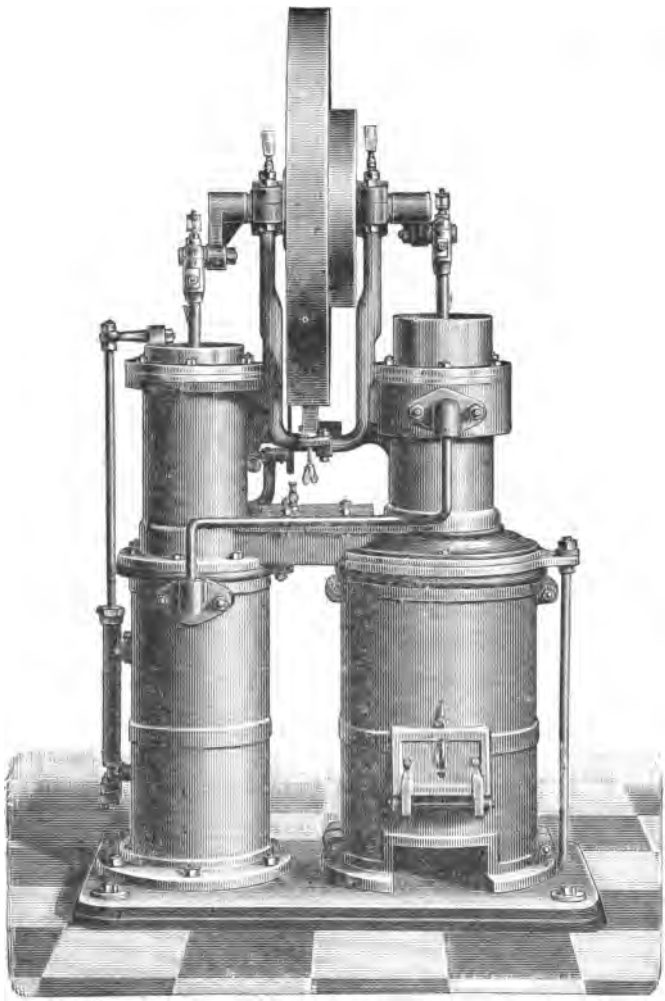


Fig. 12.

sich hindurchzwängen muß, wobei sie einen Teil der ihr durch die Heizung zugeführten Wärme an die Platten abgibt; das umgekehrte Verfahren tritt beim Zurücktritt der abgekühlten Luft aus dem Verdränger in

den Arbeitszylinder ein, sie muß sich jetzt ebenfalls durch die Platten hindurchzwängen, nimmt aber von ihnen Wärme auf, es braucht ihr daher durch die Feuerung so viel weniger Wärme zugeführt zu werden, als sie schon im Regenerator aufgenommen hat.

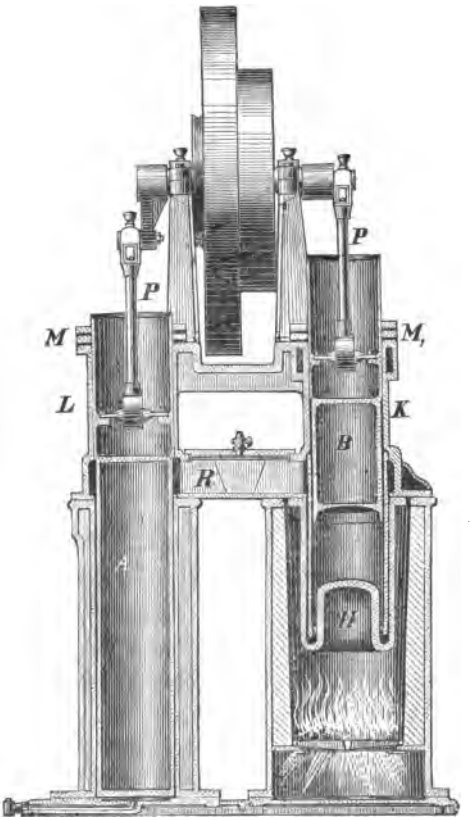


Fig. 13.

Ein und dieselbe Luftmenge wird in dieser Weise in einer Minute 100—140 mal erwärmt und abgekühlt; ein Auspuff findet nicht statt.

In welcher Weise sich die soeben angegebenen Vorgänge bei den verschiedenen Kurbelstellungen im Innern des Motors abspielen, möge an der Hand der Figuren 14—17 dargelegt und hierbei noch nachgeholt werden, daß in Fig. 13 die Verbindungsstangen zwischen Kolben und

Kurbeln, also die Pleuelstangen mit P bezeichnet sind und die Dichtung der Kolben in den Zylindern durch einfache Ledermanschetten M erfolgt.

Der Kreis in den Figuren 14—17 bezeichnet den Weg, den der Kurbelzapfen macht. A ist die Kurbel des Verdrängerkolbens und B diejenige des Arbeitskolbens. Beide Kurbeln sind gleich lang und daher ist der Kolbenhub in beiden Zylindern genau derselbe; die Kolben haben in den Zylindern aber nicht dieselbe Stellung, weil beide Kurbeln um einen Winkel von etwas mehr als 90 Grad gegeneinander versetzt sind. Da der Pfeil den Drehungssinn der Kurbeln bezeichnet, so bleibt, wie aus den Figuren ersichtlich, der Verdrängerkolben A stets um etwas mehr als einen rechten Winkel hinter dem Arbeitskolben zurück, man sagt, der letztere eile dem ersteren um den erwähnten Winkel voraus.

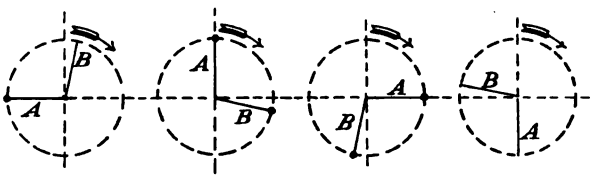


Fig. 14. Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17.

In Fig. 14 ist eine Stellung gezeichnet, in der die Kurbel B und somit auch der in Fig. 13 mit dem gleichen Buchstaben bezeichnete Arbeitskolben sich abwärts bewegt und die im Zylinder K enthaltene, erwärmte Luft durch den Regenerator R nach dem Verdrängerzylinder hinüberdrückt. Gleichzeitig bewegt sich die Kurbel A und somit auch der Verdrängerkolben aufwärts, er kommt daher dem Arbeitskolben B beim Hindurchdrängen der Luft durch den Regenerator zur Hilfe, indem er sie ansaugt. Auf diesem Wege gibt die Luft einen Teil der Wärme an die Platten im Regenerator ab und wird dann an den kalten Wänden des Verdrängerzylinders weiter abgekühlt. Dieser Vorgang währt so lange, bis die Kurbeln die in Fig. 15 dargestellte Stellung eingenommen haben. Diese Periode kann daher die Abkühlungsperiode genannt werden.

Hat der Verdränger A (Fig. 15) seinen höchsten Stand erreicht und der Arbeitskolben B soeben beim Abwärtsgange seine mittlere Stellung überschritten, so bewegen sich beide Kolben abwärts, und es muß daher die unter ihnen befindliche Luft zusammengedrückt (komprimiert) werden.

Dieser Vorgang dauert wieder so lange, bis die Kurbeln die in Fig. 16 gezeichnete Stellung erreicht haben. Diese Periode kann man als Kompressionsperiode bezeichnen.

Nimmt die Verdrängerkurbel A die Stellung Fig. 16 ein, so hat der Arbeitskolben soeben seinen tiefsten Punkt überschritten und bewegt sich wieder aufwärts, also im entgegengesetzten Sinne wie der Verdrängerkolben. Es wird daher Luft vom Verdränger durch den Regenerator nach dem Arbeitskolben hinübergedrückt, während dieser zugleich wieder saugend wirkt. Die abgekühlte Luft nimmt hierbei aus dem Regenerator Wärme auf und erfährt eine weitere Erwärmung in dem Heiztopf. Dieser Vorgang, den man die Erwärmungsperiode nennen könnte, währt so lange, bis die Kurbeln die Stellung in Fig. 17 angenommen haben; von diesem Moment an bewegen sich beide Kurbeln aufwärts. Die während der vorigen Periode zugeführte Wärme dehnt die Luft aus, es ist dieses die Expansions- oder Arbeitsperiode, und so folgen bei jeder Schwungradumdrehung stets Abkühlung, Kompression, Erwärmung und Expansion aufeinander.

Bei dieser Betrachtung ist nicht berücksichtigt worden, daß der Heiztopf H ununterbrochen Wärme zuführt. Dieser Umstand ändert aber an der Wirkungsweise des Motors nichts.

Da die Kolben nicht absolut dicht in den Zylindern geführt werden können und sonst gelegentlich noch die Luft aus dem Innern der Maschine entweichen könnte, so ist an dem Verdrängerzylinder L noch ein kleines sogenanntes Schnarchventil angebracht, welches beim Herabsinken des Luftdruckes in dem Zylinder unter den äußeren Atmosphärendruck der Luft den Eintritt selbsttätig gestattet und somit etwa auftretende Luftverluste sofort ausgleicht. An dem oberen Teil des Regenerators befindet sich ein kleiner Hahn, durch welchen man bei entsprechender Stellung die Luft aus dem Innern entweichen lassen kann, was ein fast augenblickliches Stillstehen des Motors zur Folge hat.

Die Rider-Monski'schen Heißluftmotoren werden in Größen von $^1/_3$, $^1/_2$, $^2/_3$, 1 und 2 Pferdestärken gebaut. Ihre Aufstellung ist nicht an polizeiliche Bestimmungen gebunden, vielmehr darf sie überall da erfolgen, wo man gewöhnliche Stubenöfen hinstellen kann. Die Maschinen sind verhältnismäßig leicht und brauchen in den meisten Fällen keine besonderen

Fundamente, sie werden sogar als Pumpmaschinen auf besonderen fahrbaren Wagen hergestellt.

Das Kühlwasser wird meistens aus einem besonderen Kühlgefäß durch eine am Motor befindliche, kleine Pumpe entnommen und in den Hohlraum zwischen Verdränger-Zylinder und -Mantel gepumpt, aus welchem es dann wieder in das Gefäß zurückfließt. Die Kühlung kann aber auch durch Anschluß an eine vorhandene Wasserleitung wie bei den Gasmotoren erfolgen.

Die Inbetriebsetzung ist außerordentlich einfach, indem man nur unter dem Heiztopf Feuer anzumachen braucht. Sind alle Teile sauber gereinigt und geölt, so kann man etwa 15—20 Minuten nach dem Anheizen durch Drehen am Schwungrade die Maschine in Bewegung setzen. Um sie anzuhalten, braucht man nur den kleinen Hahn auf dem Regenerator zu öffnen.

Die Betriebskosten berechnen sich, wie auf Seite 47 angegeben ist, und somit kostet eine Pferdekraft in einer Stunde:

für den $^1/_2$pferdigen Motor

$$\frac{269{,}25}{3000 \cdot 0{,}5} = 17{,}95 \text{ Pf.},$$

für den 1pferdigen Motor

$$\frac{482{,}67}{3000 \cdot 1} = 16{,}09 \text{ Pf.}$$

und für den 2pferdigen Motor

$$\frac{842{,}33}{3000 \cdot 2} = 14{,}04 \text{ Pf.}$$

Eine Rider-Monski'sche Heißluftmaschine lieferte bei einem Versuch 1,57 N_i und 0,68 N_e, sie hatte also einen maschinellen Wirkungsgrad

$$g = \frac{0{,}68}{1{,}57} = 0{,}43$$

Dabei verbrauchte sie für eine Nutzpferdestärke in der Stunde 11,2 kg Braunkohlen; hieraus ergibt sich ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad, wenn 1 kg Braunkohlen 3500 WE entwickelt:

$$g_w = \frac{0{,}68 \cdot 75 \cdot 60 \cdot 60}{11{,}2 \cdot 0{,}68 \cdot 3500 \cdot 424} = 0{,}016$$

d. h. nur 1,6 % der erzeugten Wärme werden nutzbringend verbraucht.

Kostenberechnung für die geschlossene Heißluftmaschine von Rider-Monski.

Für eine Betriebsdauer von 3000 Stunden.

Anzahl der Pferdestärken	1/2	1	2
Preis der Motoren in ℳ	900	1450	2000
1. Amortisation, Betriebsdauer 15 Jahre . . .	ℳ $\frac{900}{15}$ = 60,00	ℳ $\frac{1450}{15}$ = 96,67	ℳ $\frac{2000}{15}$ = 133,33
2. Verzinsung 5 Proz. . . .	$\frac{900}{100} \cdot 5$ = 45,00	$\frac{1450}{100} \cdot 5$ = 72,50	$\frac{2000}{100} \cdot 5$ = 100,00
3. Reparaturen und Ersatz der Heiztöpfe	= 18,00	= 21,00	= 24,00
4. Schmierung, Dichtung ꝛc. . .	= 7,50	= 15,00	= 30,00
5. Kühlwasser (wenn an eine Wasserleitung angeschlossen) 1 cbm = 0,10 ℳ . .	3000.0,15.0,10 = 45,00	3000.0,3.0,10 = 90,00	3000.0,6.0,10 = 180,00
6. Kraftquelle (Koksverbrauch) 100 kg zu 1,25 ℳ . .	$\frac{3000.2,5.1,25}{100}$ = 93,75	$\frac{3000.5,0.1,25}{100}$ = 187,50	$\frac{3000.10.1,25}{100}$ = 375,00
Zusammen ℳ	269,25	482,67	842,33

Eine der Monski'schen ähnliche Heißluftmaschine wird als Spezialität von der

Sächsischen Motoren- und Maschinenfabrik
Otto Böttger in Dresden-Löbtau

gebaut. Als besondere Vorzüge werden hervorgehoben Kugellager in den Pleuelstangen, Rapid- und Sparfeuerung mit Schüttvorrichtung und Kugel-

regulator zur Regelung der Schwungradumdrehungen bei wechselnder Kraftbeanspruchung.

Eine andere Heißluftmaschine wird von

G. August Buschbaum, Motorenfabrik, Darmstadt

gebaut, sie ist in Fig. 18 im Schnitt dargestellt. Auf dem Rost a wird das Brennmaterial verbrannt, wodurch dem mit Rinnen versehenen Feuertopf b

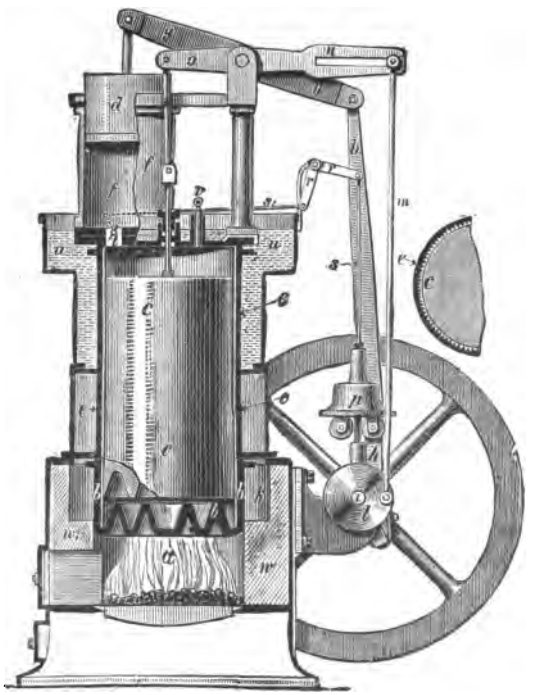


Fig. 18.

die erforderliche Wärme zugeführt wird. In dem Zylinder e bewegt sich ohne Reibung der Verdränger c auf und ab und treibt dadurch dieselbe Luftmenge bald zum Feuertopf bald zum oberen Teil des Zylinders e und damit auch durch die Öffnung t in den Arbeitszylinder f, in welchem sich der Kolben d auf und ab bewegt. Der obere Teil des Zylinders e ist mit einem Wassergefäß u umgeben, durch dessen Inhalt die Luft abgekühlt wird, worauf sich der Arbeitskolben d abwärts bewegt und der

Verdränger c die Luft an den Feuertopf treten läßt. Hier wird sie erwärmt, dehnt sich aus, eilt an den Wänden des Verdrängers c hinauf, treibt den Kolben d aufwärts und setzt durch den Balanzier g und die Kurbelstange b die Schwungradwelle i in Umdrehung. Durch einen andern Balanzier mno wird von der Scheibe l aus der Verdränger c bewegt. Durch einen Schwungkugelregulator p kann mittelst des Gestänges srs die Drosselklappe t am Boden des Arbeitszylinders verstellt werden. In der Fig. 18 bezeichnet noch h den Rauchkanal für die Verbrennungsgase und w das die Feuerung umgebende Mauerwerk. Der Motor wird in Größen von $^1/_2$, 1, $1^1/_2$, 2 und 3 PS hergestellt. Die Preise weichen nicht erheblich von den auf Seite 46 angegebenen ab.

Offene Heißluftmaschinen, zu denen der Benier-Motor gehört, werden jetzt fast garnicht mehr gebaut.

Wärmekraftmaschinen.

B. Mit direkter Ausnutzung der erzeugten Wärme.

a) Gasförmige Brennstoffe.

§ 10.

Gaskraftmaschinen.

Wenn auch schon im Jahre 1860 der Franzose Lenoir Gasmaschinen herstellte, so gebührt doch das Verdienst, sie für die Praxis brauchbar gemacht zu haben, den beiden Deutschen Otto und Langen.

Dr. Nicolaus August Otto wurde 1832 in Holzhausen in Nassau geboren. Obwohl er sich dem Kaufmannsstande gewidmet hatte, zeigte er doch ein außerordentlich reges Interesse und tiefes Verständnis für alle physikalischen Fragen, die mit den Fortschritten der Technik in Verbindung standen. Als Otto hörte, daß es gelungen sei, durch Explosion eines Gemisches von Leuchtgas und atmosphärischer Luft Kraft zu entwickeln, suchte er für diese Kraftquelle eine Maschine zu konstruieren. Die ersten Versuche mißlangen vollständig. Als er aber Eugen Langen, einen Schüler Redtenbachers und tüchtigen Konstrukteur, für seine Idee gewonnen, und beide gemeinsam an die Arbeit gingen, konnte der erste Gasmotor gebaut werden. Die Wirkungsweise entsprach derjenigen der ersten atmosphärischen Dampfmaschine. So wie Newcomen bei dieser den Dampf nicht als treibende Kraft, sondern nur zur Erzeugung eines Vakuums

unter dem Kolben benutzte und die Kraftäußerung der atmosphärischen Luft überließ, so wurde bei der ersten Gasmaschine von Otto und Langen durch die Explosion des Gasgemisches auch nur ein Vakuum unter dem Kolben erzeugt. Bei der Explosion wurde der Kolben in dem Zylinder in die Höhe geworfen und dann mit der Schwungradwelle selbsttätig gekuppelt; hierauf ward er infolge des unter ihm vorhandenen Vakuums durch die äußere atmosphärische Luft arbeitsleistend niedergedrückt. Es war dies der atmosphärische Gasmotor, welcher 1867 auf der Pariser Weltausstellung neben mehreren französischen Maschinen von Lenoir und Hugon ausgestellt war. Letztere ähnelten in ihrer ganzen Anordnung sehr der Wattschen doppeltwirkenden Dampfmaschine, während ihre Wirkungsweise mehr derjenigen der Heißluftmaschinen glich.

Dem energischen Auftreten des Ausstellungskommissars, Geheimen Regierungsrates Reuleaux, ist es vor allem zu verdanken, daß auf der Pariser Ausstellung demjenigen Gasmotor der Preis zuerteilt werden sollte, welcher bei gleicher Leistung den geringsten Gasverbrauch zeigte. Nach eingehenden Versuchen stellte sich heraus, daß der Gasverbrauch bei den Maschinen von Lenoir zu Hugon zu Otto und Langen sich verhielt wie 10 zu 6 zu 4. Demgemäß wurde der Maschine von Otto und Langen die goldene Medaille zuerkannt. Nach diesem Erfolge suchte Otto seinen Gasmotor, dem noch verschiedene Mängel anhafteten, zu verbessern. Er verließ das bisherige Prinzip der Kraftäußerung durch die atmosphärische Luft und ging zur direkten Einwirkung der bei der Explosion entwickelten Kraft auf den Kolben über. Er erfand den Hochdruckgasmotor, System Otto, welcher nachher das Vorbild für alle Gas-, Petroleum- und Benzinmotoren geworden ist. Otto machte also bei seinem eigenen Gasmotor genau dasselbe, was James Watt bei der Newcomenschen Dampfmaschine tat; bezeichnet man daher Watt als den Erfinder der Dampfmaschine, so muß man auch Otto als den Erfinder des Gasmotors nennen.

Die Ottoschen Gasmotoren werden von der Gasmotorenfabrik Deutz in Deutz bei Köln, deren Begründer und Leiter Otto und Langen waren, gebaut. Bevor aber auf sie näher eingegangen wird, mögen noch einige allgemeine Bemerkungen Platz finden.

Als Kraftquelle dient für die Gasmotoren gewöhnlich das Leuchtgas, welches aus den Steinkohlen durch trockene Destillation hergestellt wird. Es hat ein spezifisches Gewicht von 0,4—0,6 und ist daher im Mittel

nur halb so schwer als atmosphärische Luft. 1 cbm wiegt 0,54 - 0,65 kg, oder 1 kg nimmt einen Raum von etwa 1,5 cbm ein. Das Gas ist farblos, hat den bekannten durchdringenden Geruch und ist infolge seines Gehaltes an Kohlenoxydgas sehr giftig.

Wie außerordentlich verschieden die Zusammensetzung des Leuchtgases sein kann, geht aus der folgenden Übersicht (bei Knoke) hervor:

Bezeichnung der Stoffe	In 100 Raumteilen Gas waren enthalten:			
	Gas aus Cannel-Kohle	Berliner Leuchtgas Oberschles. Kohle	Hannoversches Leuchtgas	Charlottenburger Leuchtgas
$C_n H_m$ = schwere Kohlenwasserstoffe .	24,50	4,61	3,17	4,00
CH_4 = Sumpfgas (Methan)	58,38	32,70	37,55	29,60
H = Wasserstoff . .	10,54	49,75	46,27	50,60
CO = Kohlenoxydgas	6,58	9,54	11,19	9,90
Kohlensäure CO_2, Sauerstoff O, Stickstoff N	—	3,40	1,82	5,90

Es ist deshalb schwer, allgemein anzugeben, wieviel WE bei der Verbrennung eines cbm Gases entstehen. Nach den Angaben von Slaby läßt sich die Anzahl Wärmeeinheiten A bei den schweren Kohlenwasserstoffen aus folgender Gleichung finden:

$$A = 1000 + 10\,500\ s,$$

wenn s ihr spezifisches Gewicht ist. Ferner liefert ein cbm Sumpfgas beim Verbrennen 8500 WE, Wasserstoff 2570 WE und Kohlenoxydgas 3040 WE.

Bei dem Charlottenburger Leuchtgas hatten die schweren Kohlenwasserstoffe ein spezifisches Gewicht von 1,72; demnach entwickelte 1 cbm beim Verbrennen $1000 + 10500 \cdot 1,72 = 19060$ WE. Nach obigen Angaben liefert also 1 cbm Charlottenburger Leuchtgas, bestehend aus:

0,040 cbm	schweren Kohlenwasserstoffen . .	$0,040 \cdot 19060 = 762$ WE,
0,296 „	Sumpfgas (Methan)	$0,296 \cdot 8500 = 2516$ „
0,506 „	Wasserstoff	$0,506 \cdot 2570 = 1300$ „
0,099 „	Kohlenoxydgas	$0,099 \cdot 3040 = 301$ „
	Zusammen . .	4879 WE.

Kohlensäure und Stickstoff verbrennen nicht, sie geben also keine Wärme, während der Sauerstoff die Verbrennung bewirkt und deshalb in den obigen Werten berücksichtigt wurde. Nach den Versuchen von Dr. P. Eitner in Karlsruhe ist ein Gemisch von Leuchtgas ($H = 50{,}8\ \%$; $CH_4 = 34{,}6\ \%$; $CO = 7{,}1\ \%$; schwere Kohlenwasserstoffe $4{,}3\ \%$; $CO_2 + O + N = 3{,}3\ \%$) mit atmosphärischer Luft innerhalb der in folgender Tabelle angegebenen Grenzen zur Explosion, d. h. zu einer plötzlich eintretenden Verbrennung zu bringen.

Leuchtgas und Luft (feucht).

Temperatur 14,5° C. Wasserdampf 1,6 %.

		Zusammensetzung der Mischung		Versuchsergebnis
		Leuchtgas Vol. %	Luft Vol. %	
	1.	7,8	92,7	keine Explosion.
	2.	7,8	92,2	
untere Grenze	3.	8,0	92,0	Explosionsbereich.
	4.	8,2	91,8	
	5.	18,2	81,8	
	6.	19,0	81,0	
obere Grenze	7.	19,2	80,8	keine Explosion.
	8.	19,4	80,6	

Hiernach kann also nur eine Explosion im Zylinder eines Gasmotors eintreten, wenn ein Gemisch vorhanden ist, das wenigstens aus 8 Raumteilen Leuchtgas und 92 Raumteilen Luft und höchstens aus 19 Raumteilen Leuchtgas und 81 Raumteilen Luft besteht; sind mehr oder weniger als 8 oder 19 Raumteile Leuchtgas vorhanden, so tritt keine Explosion ein. Es scheint, als ob diese Grenzen keine wesentliche Verschiebung erleiden, wenn das Gemisch zusammengepreßt wird. Dagegen wird die Explosion um so heftiger, je mehr das Gemisch komprimiert ist.

Ein guter Gasmotor verbraucht je nach der Größe für eine Nutzpferdestärke in der Stunde 0,4—0,6, im Mittel 0,5 cbm Leuchtgas, das $0{,}5 \cdot 4879 = 2440$ WE entwickelt und einer mechanischen Energie von $2440 \cdot 424 = 1034560$ mkg entspricht. Eine Nutzpferdestärke in der Stunde

ist 75 mkg · 60 · 60 = 270000 mkg, demnach ist der wirtschaftliche Nutzeffekt

$$g_w = \frac{270\,000}{1\,034\,560} = 0{,}26.$$

Berücksichtigt man aber, daß aus 100 kg Steinkohlen etwa 29 cbm Leuchtgas gewonnen werden, und somit für die Herstellung von 0,5 cbm Gas $\frac{100 \cdot 0{,}5}{29} = 1{,}72$ kg Steinkohlen erforderlich sind, und daß diesen $1{,}72 \cdot 7300 = 12556$ WE (1 kg Steinkohle = 7300 WE) entsprechen, deren mechanische Energie $12556 \cdot 424 = 5323744$ mkg ist, so wird der wirtschaftliche Nutzeffekt

$$g_w = \frac{270\,000}{5\,323\,744} = 0{,}051.$$

Bei der zehnpferdigen Dampfmaschine ergab sich ein $g_w = 0{,}042$, d. h. die Wirtschaftlichkeit der Dampfmaschine verhält sich zu derjenigen der Gaskraftmaschine wie 42 : 51. Letztere ist der ersteren also erheblich überlegen.

Dieses wurde nur dadurch möglich, daß Otto den Viertakt und damit den Hochdruckgasmotor erfand. Er benutzte nämlich zur Erzeugung des für die Explosion erforderlichen Gemisches von Gas und atmosphärischer Luft den im Zylinder beweglichen Kolben als Pumpenkolben, das heißt, er ließ den Kolben auf seinem Wege durch den Zylinder in der Richtung nach der Kurbelachse hin Gas und atmosphärische Luft ansaugen (Saugperiode). Hierauf mußte der Kolben auf seinem Wege durch den Zylinder in entgegengesetzter Richtung, also in der Richtung von der Kurbelachse fort, das Gemisch zusammendrücken (komprimieren) (Kompressionsperiode). Wenn der Kolben die Kompression beendet hat, findet die Entzündung des Gemisches und die Kraftentwicklung in dem Zylinder statt. Der Kolben wird dann durch die auf ihn wirkende Kraft in der Richtung nach der Kurbelachse hin durch den Zylinder getrieben nnd leistet auf diesem Wege Arbeit (Arbeitsperiode). Bei dem nunmehr stattfindenden Rückgange treibt der Kolben die von der Explosion herrührenden und im Zylinder enthaltenen Verbrennungsprodukte aus (Ausblasperiode). Alsdann beginnt wieder die Saugperiode und damit dasselbe Spiel von neuem.

Wenn der Kolben demnach viermal den Zylinder durcheilt oder das Schwungrad zwei ganze Umdrehungen macht, so haben sich diese 4 Perio-

den einmal wiederholt, es hat daher auch nur eine Zündung stattgefunden.

Hiernach muß eine Gaskraftmaschine aus folgenden Teilen bestehen:

1. einem Zylinder, in dem die Explosion stattfindet, mit Kühlvorrichtung C (Fig. 19, Längenschnitt durch den alten Otto'schen Viertaktmotor),
2. einem beweglichen Kolben A (Fig. 19) in dem Zylinder und einer Vorrichtung zur Umwandlung der hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens in die drehende des Schwungrades (Schubstange und Kurbelmechanismus oder Kolbenstange, Kreuzkopf, Schubstange und Kurbelmechanismus B u. E Fig. 19),
3. einer Gaseinlaßvorrichtung M (Fig. 20, Aufsicht auf den alten Otto'schen Viertaktmotor),
4. einer Lufteinlaßvorrichtung a (Fig. 19, mit Saugtopf),
5. einer Gasgemischeinlaßvorrichtung,
6. einer Gasgemischzündvorrichtung (in Fig. 19 u. 20 ist ein Zündschieber dargestellt),
7. einer Auslaßvorrichtung U für die verbrannten Gase (Fig. 19),
8. einer Vorrichtung zur Regelung der Umdrehungszahl des Schwungrades; diese bildet selbstredend keinen notwendigen Bestandteil des Motors, weil er auch ohne sie laufen kann. Sie ist aber aus praktischen Gründen erforderlich.

Es ist nun ohne weiteres klar, daß die Einlaß-, Auslaß- und Zündvorrichtung bei je zwei Schwungradumdrehungen nur einmal in Tätigkeit treten dürfen, sie können also von einem gemeinsamen Teile der Maschine bewegt werden (Steuerwelle D in Fig. 20), der die halbe Anzahl Umdrehungen wie das Schwungrad macht. Die Bewegung der Ventile geschieht vielfach in der Weise, daß sie durch Federdruck geschlossen und durch Nocken oder unrunde Scheiben geöffnet werden. Von besonderer Wichtigkeit ist für alle Verbrennungskraftmaschinen, daß die Entzündung des Gasgemisches genau zur richtigen Zeit und dann auch mit Sicherheit eintritt. Falls die Zündung zu früh stattfindet, hat der Kolben seinen Hub (Kompression) noch nicht beendet und deshalb auf dem letzten Teile seines Weges den ganzen Druck der bei der Verbrennung entstehenden Gase zu überwinden, wodurch gewöhnlich heftige Stöße in den Schubstangenlagern der Maschine auftreten. Tritt aber die Zündung zu spät

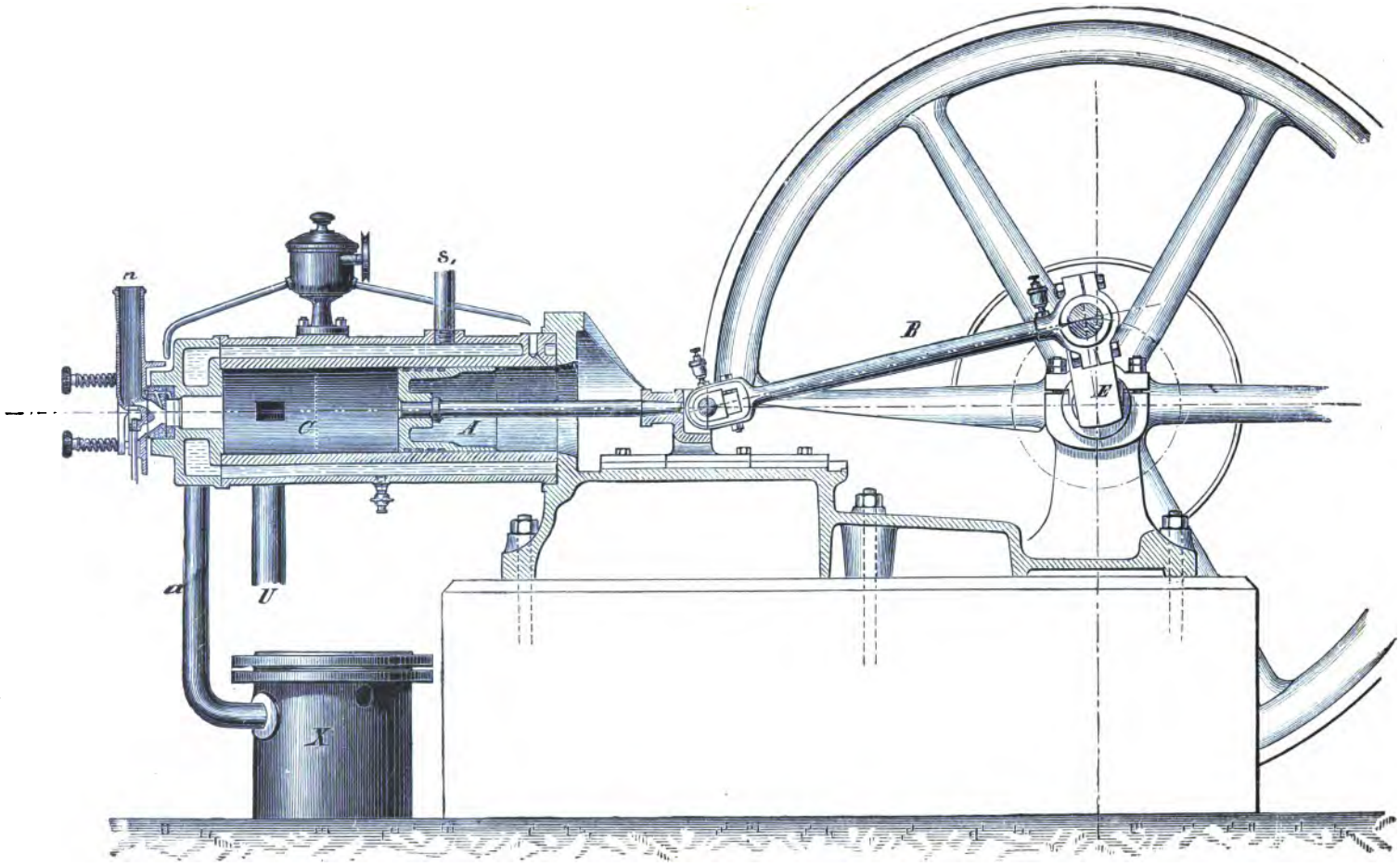


Fig. 19.

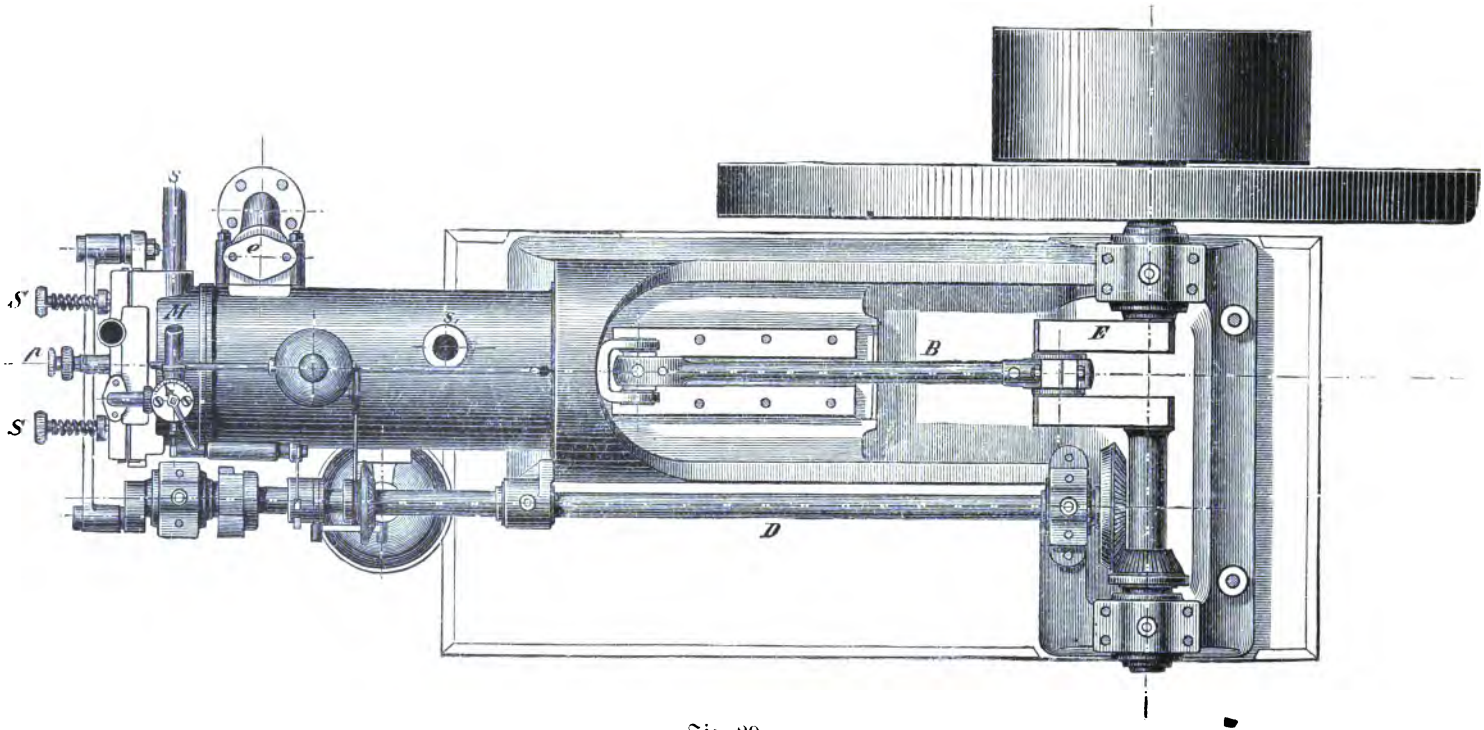


Fig. 20.

ein, so hat schon der Kolben einen Teil seines Weges (Arbeitsperiode) zurückgelegt, wenn die treibende Kraft zur Wirkung kommt, sie kann also nur unvollkommen ausgenutzt werden.

Bei den meisten Gaskraftmaschinen wendet man an Stelle der noch in Fig. 20 gezeichneten Schieberzündung jetzt Glührohrzündung oder magnet.-elektrische Zündapparate an.

Das Glührohr ist ein kleines Porzellanrohr, das an dem einen Ende geschlossen und an dem andern mit einer Vorrichtung zur Befestigung am Zylinder versehen ist. Die Zündwirkung beruht darauf, daß während der Ausblasperiode die Verbrennungsgase, die durch eine Bohrung aus dem Zylinderinnern in das Glührohr eintreten, in ihm bleiben müssen, weil

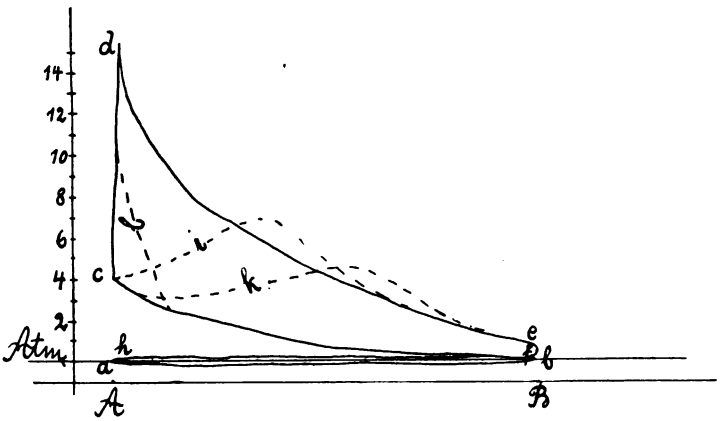


Fig. 21.

sie aus dem geschlossenen Raum nicht herauskönnen. Während der darauf stattfindenden Saugperiode müssen die Gase ebenfalls darin bleiben, weil sie nicht herausgesaugt werden können. Wenn dann die Kompression eintritt, müssen die mit dem Zylinderinnern in offener Verbindung stehenden Gase in der Bohrung und dem Glührohr ebenfalls komprimiert werden. Hat die Kompression so weit stattgefunden, daß das frische Gemisch aus dem Zylinder an die glühende Stelle des Glührohrs gelangt, so findet die Zündung statt.

Über die Vorgänge im Innern des Zylinders gibt wieder das Indikatordiagramm Auskunft. Nach den Ausführungen auf Seite 12 läßt es sich leicht konstruieren. Auf der Nullinie (Fig. 21) bezeichnet AB den

verkürzten Kolbenhub. Gesetzt nun, der Kolben befände sich in der A entsprechenden Stelle und ginge das Gasgemisch ansaugend nach B, dann ist das Einlaßventil für das Gasgemisch geöffnet, die atmosphärische Luft und das Gas können eintreten, es wird also im Zylinder ein Druck herrschen, der ungefähr dem der Atmosphäre entspricht und deshalb im Diagramm eine Linie ab eben unter der atmosphärischen entstehen. Bei dem Rückgang des Kolbens von B nach A findet die allmähliche Kompression des Gasgemisches statt, wodurch der Druck im Zylinder vor dem Kolben allmählich größer wird, bis er in A seinen Höhepunkt c erreicht hat, es ist also bc die Kompressionskurve. In c findet die Zündung statt, der Druck steigt plötzlich sehr stark bis d, demnach ist cd die Druckzunahme bei der Explosion. Jetzt wird der Kolben arbeitsverrichtend von A nach B getrieben, wobei der Druck fortwährend abnimmt, de gibt also den Druck während der Arbeitsperiode an. Sobald der Kolben beinahe bis B (bis e) gekommen ist, öffnet sich schon das Ausblasventil, der Druck fällt sehr schnell bis f, worauf dann beim Rückgang des Kolbens von B bis A die Ausblasperiode stattfindet, während welcher im Zylinder ein Druck ist, der nur ein wenig den äußeren Atmosphärendruck übersteigt, er wird dargestellt durch die über ab gelegene Linie fh. Die beiden Punkte a und h liegen sehr nahe bei einander. Beim Beginn der Saugperiode fällt der Druck schnell von h bis auf a.

Erhält man beim Indizieren ein anderes Diagramm, so ist an der Maschine etwas nicht in Ordnung. Es kann nun sein:

1. daß die Linie ab nicht nahe an der atmosphärischen Linie liegt, sondern weiter von ihr entfernt ist, dann muß hinter dem Kolben bei der Saugperiode ein zu starkes Vakuum vorhanden sein, d. h. es kann das Gasgemisch von außen nicht schnell genug in den Zylinder eintreten. Das Gemischeinlaßventil oder das Lufteinlaßventil gewährt einen zu geringen Einströmungsquerschnitt (Verschmutzung, Festsitzen der Ventile u. s. w.);

2. daß die Kompression bei A (ac) nicht die erforderliche Größe hat, dann muß etwas undicht sein; es sind entweder die Ventile oder die Kolbenringe;

3. daß die Linie cd nicht steil ansteigt, sondern etwa einen Verlauf nimmt, wie ihn die punktierte Linie i darstellt; dann ist zwar in der Endstellung des Kolbens die Zündung erfolgt, aber die Verbrennung zu langsam gewesen, was meistens auf ein unrichtiges Gasgemisch zurückzuführen ist.

Nimmt aber die Arbeitskurve den Verlauf k, d. h. deckt sie sich eine Weile mit cb und erhebt sich dann, so ist die Zündung zu spät eingetreten. Der Kolben ist schon so schnell in Bewegung, daß die wegen der ungenügenden Kompression langsam auftretende Verbrennung nicht folgen kann. Wenn die Kurve l entsteht, die sich von bc erhebt, bevor noch der Kolben seine Endstellung erreicht hat, so ist eine Frühzündung eingetreten. Bei unrichtigem Gasgemisch, unrichtiger Zündung und schlechtem Schluß der Ventile geht, wie das Diagramm zeigt, viel mechanische Energie verloren;

4. daß im Punkte e die Kurve nicht schnell abfällt und die Linie fh nicht nahe an der atmosphärischen Linie liegt, dann hat das Ausblasventil nicht schnell genug geöffnet, so daß während der Ausblasperiode ein zu hoher Druck vorhanden war. Das Ausblasventil hat einen zu geringen Ausströmungsquerschnitt.

Schon auf Seite 14 wurde nachgewiesen, daß der Inhalt der Fläche b c d e f die indizierte Leistung auf einen qcm Querschnitt des Kolbens während einer Arbeitsperiode ist. Ermittelt man nun, wie es dort angegeben, den mittleren Druck p_m, so ist der Druck, der auf den Kolben wirkt, $\frac{d^2\pi}{4} p_m$ und der Weg, den der Kolben in einer Sekunde arbeitleistend zurücklegt, $\frac{2nH}{60 \cdot 4}$, demnach ist die Arbeit in PS

$$N_i = \frac{d^2\pi}{4} \cdot \frac{p_m}{75} \cdot \frac{2nH}{60 \cdot 4} = \frac{p_m}{75} \cdot \frac{d^2\pi}{4} \cdot \frac{nH}{120}$$

Wäre nun z. B. $p_m = 3{,}26$ kg gefunden und $d = 17$ cm, also $\frac{d^2\pi}{4} = 226{,}98$ qcm, $n = 210$ und $H = 0{,}28$ m, so ist

$$N_i = \frac{3{,}26 \cdot 226{,}98 \cdot 210 \cdot 0{,}28}{75 \cdot 120}$$

$$N_i = 4{,}8 \text{ PS.}$$

Die Nutzpferdestärken werden ebenso ermittelt, wie das auf Seite 16 angegeben ist.

In Bezug auf den Ort der Aufstellung ist zu erwähnen, daß die Gasmotoren in jedem Lokal, ja sogar in den oberen Stockwerken bewohnter Räume aufgestellt werden können. Haupterfordernisse sind nur, daß eine Gasleitung vorhanden ist, und daß der Motor gut fundamentiert

werden kann. Im allgemeinen lassen sich drei verschiedene Arten der Fundamentierung unterscheiden und zwar:

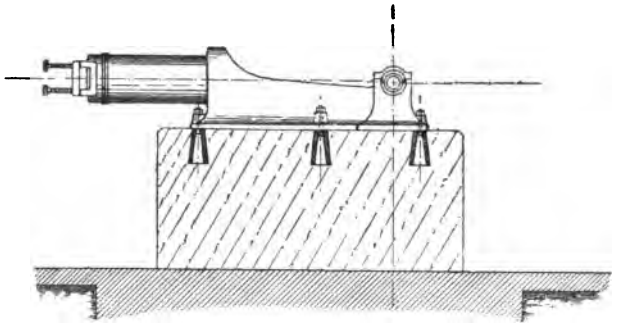


Fig. 22.

1. der Gasmotor kann auf einem Quadersteinfundament durch Steinschrauben, welche in dem Stein mit Blei oder Zement zu vergießen sind (vergl. Fig. 22), befestigt werden;

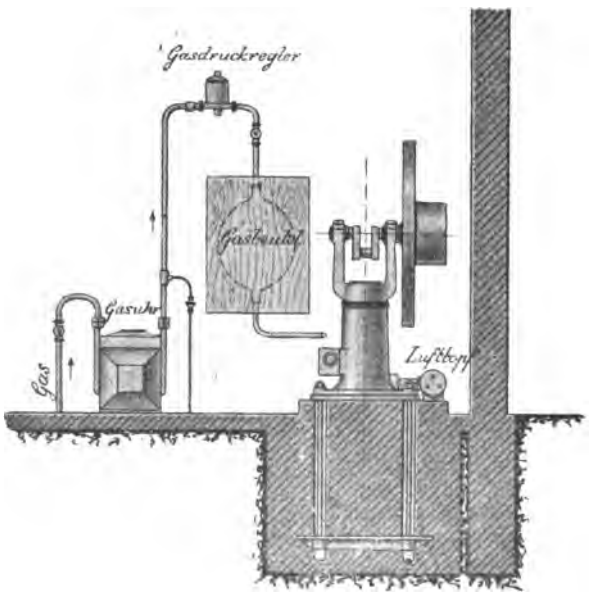


Fig. 28.

2. der Gasmotor kann auf einem Fundament Aufstellung finden, welches aus hartgebrannten Ziegelsteinen in Zement aufgeführt

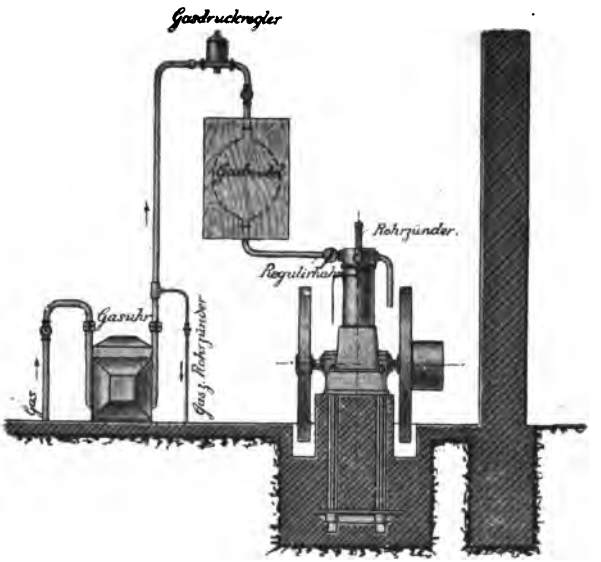

Gasdruckregler
Rohrzünder.
Regulirhahn
Gasuhr
Gas
Gas z. Rohrzünder

Fig. 24.

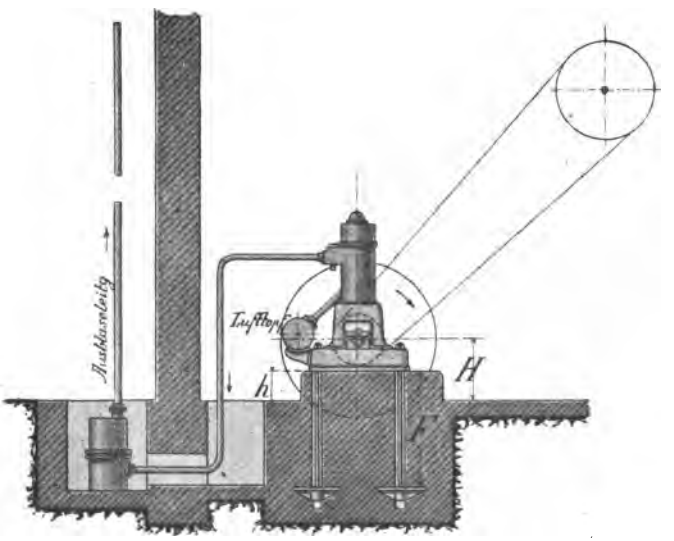

Ausblaseleitg
Lufttopf
h
H
F

Fig. 25.

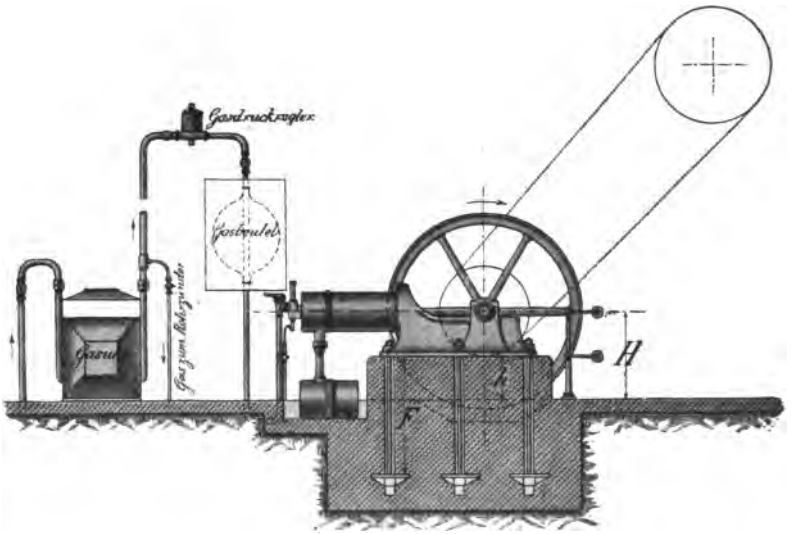

Gasdruckregler
Gasbeutel
Gas zum Verbraucher
Gas
H
h
F

Fig. 26.

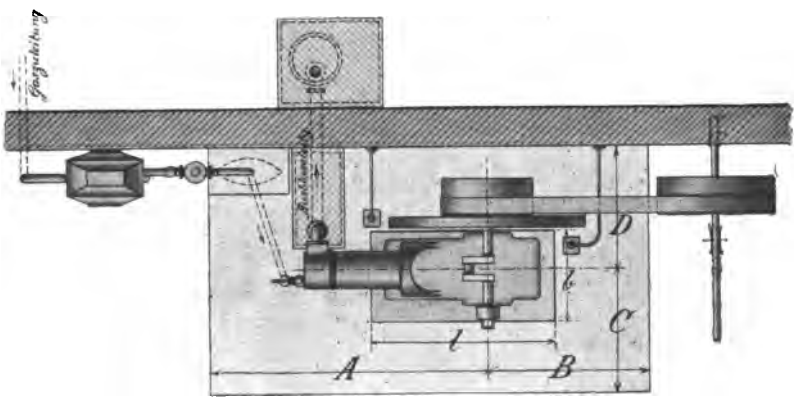

Gasleitung
D
h
C
l
A
B

Fig. 27.

wird. Die Befestigung geschieht durch eingemauerte Ankerplatten und Bolzen. Bei stehenden Gasmotoren mit oben liegender Kurbelwelle geschieht die Aufstellung nach Fig. 23, bei solchen mit unten liegender Welle nach Fig. 24 u. 25 und bei liegenden Motoren nach Fig. 26 u. 27. In allen Figuren sind mit den Buchstaben diejenigen Abmessungen bezeichnet, die gewöhnlich von der Fabrik angegeben werden;

3. der Gasmotor kann auf dünnem gußeisernen Fundamentbock, der sich auf dem Fußboden oder dem Gebälk gut durch Schrauben befestigen läßt, aufgestellt werden (vergl. Fig. 28).

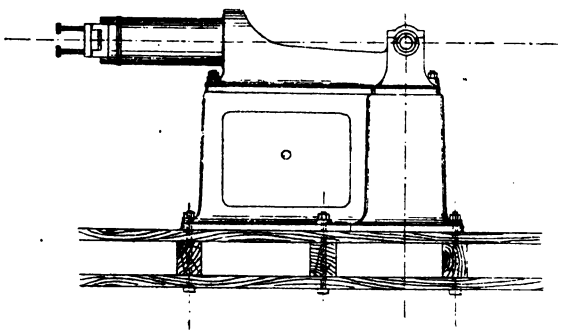


Fig. 28.

Diese letztere Art der Fundamentierung wird namentlich angewendet, wenn der Gasmotor in den Stockwerken bewohnter Häuser seinen Platz finden soll, während die beiden ersten sich gut zur Fundamentierung auf der ebenen Erde eignen. Ein besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, daß alle Teile unter der Maschine, sei es Erdboden, Mauerwerk (Gewölbe), Gebälk 2c., auch tragfähig sind, das heißt, die unter dem Fundament gelegenen Teile müssen die Last des Motors nicht allein sicher tragen können, sondern auch eine Gewähr dafür bieten, daß während des Betriebes keine Sackungen eintreten. Die Maschine darf daher nie auf angefaulte Fußbodenbalken oder auf aufgeschütteten Erdboden fundamentiert werden.

Wenn stehende Gasmotoren in der Nähe von Nachbargrundstücken aufgestellt werden müssen, so entstehen durch die Schallübertragung in

der Erde leicht Beläſtigungen. In ſolchen Fällen ſtellt man zweckmäßig den Gasmotor auf einige Pfähle, die ſenkrecht in den Erdboden gerammt ſind und mit der Spitze bis unter das Fundament des Nachbargebäudes hinabreichen.

Es ſcheint immer geraten zu ſein, daß derjenige, welcher einen Gasmotor aufſtellen will, ſich hinſichtlich der Errichtung des Fundaments und der Befeſtigung der Maſchine ſelbſt an die den Motor liefernde Fabrik wendet. Bei der Aufſtellung iſt noch beſonders darauf zu achten, daß die Kurbellager und der Zylinder genau horizontal liegen und der Rahmen der Gasmaſchine beim Feſtſchrauben nicht verſpannt wird.

Außer für eine ſichere Fundamentierung iſt, wie aus dem Vorhergehenden ſchon ohne weiteres hervorgehen dürfte, noch zu ſorgen:

1. für die Gaszuleitung zu der Maſchine und zu der Heizflamme,
2. für die Ableitung der Verbrennungsprodukte,
3. für die Luftzuleitung und
4. für die Kühlung des infolge der Exploſionen ſtark erhitzten Zylinders.

Was nun zunächſt die Gaszuleitung betrifft, ſo erfolgt dieſelbe durch die in Fig. 23, 24 und 26 gezeichneten und mit der vorhandenen Gasleitung in Verbindung ſtehenden Gasröhren, deren Durchmeſſer ſich nach der Größe des Motors richtet. Das Gas hat, bevor es in den Zylinder der Maſchine und in das Rohr für die Flamme des Glührohrs treten kann, noch den Gasmeſſer (Gasuhr) zu paſſieren, deſſen Größe von der Größe des Motors abhängig iſt.

Da der Gasmotor das Gas aus der Leitung nur während der Saugperiode, alſo innerhalb gewiſſer Pauſen plötzlich entnimmt, ſo iſt noch die Einſchaltung eines elaſtiſchen Vorratsbehälters, welcher meiſtens ein Gummibeutel (Gasbeutel) iſt, in die Gaszuleitung möglichſt in der Nähe des Motors erforderlich. Ein ſolcher Gummibeutel muß im aufgeblähten Zuſtande etwa für 10—15 Zylinderfüllungen Gas enthalten; genügt ein Beutel nicht, ſo ſchaltet man deren mehrere hintereinander ein. Zum Speiſen des Rohrzünders (Erhitzen des Glührörchens) iſt ein geringſter Gasdruck von 20 mm Waſſerſäule*) erforderlich.

*) Wenn man einem an beiden Enden offenen, graden, etwa 60 cm langen Glasrohr die Form eines großen lateiniſchen U gibt, die Schenkel dann etwa zur Hälfte voll Waſſer gießt und den einen derſelben mit der Gasleitung durch einen Gummi-

Sollen außer dem Gasmotor noch Gasbeleuchtungsflammen*) gespeist werden, so sind die Rohrdurchmesser selbstredend entsprechend größer zu wählen.

In den Fällen, wo trotz des Gummibeutels ein Zucken der benachbarten Gasbeleuchtungsflammen stattfindet, empfiehlt sich die Einschaltung eines besonderen Gasdruckregulators. Durch einen Haupthahn kann der Gaszufluß abgesperrt oder angestellt werden, ebenso ist eine besondere kleine Absperrvorrichtung in der Gasleitung zum Rohrzünder vorhanden.

Die Ableitung der Verbrennungsprodukte geschieht durch ein am Stutzen des Auslaßventils befestigtes Ausblaserohr (vergl. Fig. 25 und 27), welches für Gasmotoren bis zu 8 Pferdestärken aus gutem schmiedeeisernen Gasrohr, für Maschinen über 8 Pferdestärken aber aus guten gußeisernen Röhren besteht. An diese Ausblaseleitung schließt sich der Ausblasetopf, aus welchem die Verbrennungsgase durch ein senkrechtes Rohr ins Freie geführt werden. Man hüte sich, dieses Rohr in einen Kamin, Kanal oder irgend einen Behälter zu leiten, weil zuweilen noch unverbrannte Gase entweichen, welche dann durch ihre Explosion in dem Kamin 2c. Schaden anrichten können.

Der Ausblasetopf soll das Geräusch der ausströmenden Gase verringern, das sich bildende Kondensationswasser und die aus dem Zylinder mitgerissenen Schmierrückstände aufnehmen. Unter bewohnten Räumen kann es bei größeren Motoren erforderlich werden, daß mehrere Ausblasetöpfe hintereinander eingeschaltet werden müssen. Jeder Topf ist mit einer Vorrichtung zum Ablassen des Kondensationswassers versehen, was alle 1—3 Tage zu geschehen hat und namentlich im Winter bei Frostwetter nicht vergessen werden darf, damit der Topf nicht einfriert.

Die durch das Ausblaserohr entweichende Wärme kann unter Umständen zu Heizungszwecken verwendet werden.

Um das Geräusch beim Luftansaugen (während der Saugeperiode) möglichst zu verringern, ist unmittelbar unter dem möglichst kurz zu be-

---

schlauch in Verbindung bringt, so wird in den beiden Schenkeln das Wasser infolge des Gasdruckes verschieden hoch stehen. Je größer der Gasdruck, desto größer ist dieser Höhenunterschied; man kann auf diese Weise also leicht den Gasdruck messen. Ist der Höhenunterschied z. B. 20 mm, so sagt man, es ist ein Gasdruck von 20 mm Wassersäule vorhanden.

*) Viele Gasanstalten gestatten das nicht, weil sie das Gas für Kraftmaschinen billiger berechnen als das für Beleuchtungszwecke.

messenden Saugerohr a (vergl. Fig. 19 und 26) noch ein Ansaugetopf x eingeschaltet. Er ist unten mit Löchern versehen, durch welche die Luft in den Topf tritt. Daß für seine peinlichste Reinhaltung Sorge getragen wird, versteht sich wohl von selbst.

Wie schon erwähnt, entwickelt sich bei der Verbrennung im Zylinder eine beträchtliche Wärme, so daß eine fortgesetzte Abkühlung der Zylinderwandungen unbedingt erforderlich ist. Sie läßt sich in zweifacher Weise erreichen, indem entweder der Motor an eine vorhandene Druckwasser-

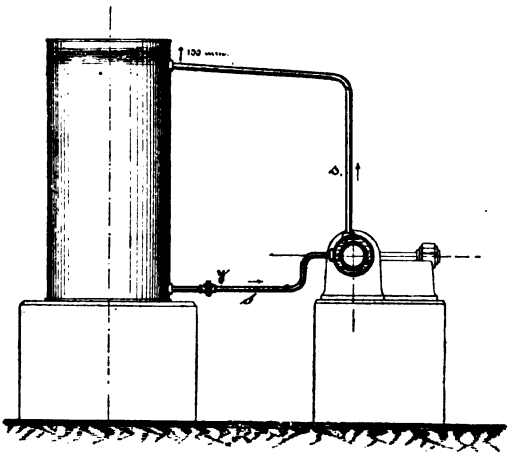


Fig. 29.

leitung, oder an besondere Kühlgefäße angeschlossen wird. Das Wasser tritt durch das Rohr s (Fig. 20) in den Hohlraum zwischen äußerer Zylinderwandung und dem Mantel ein und entweicht, nachdem es sich erwärmt, an der höchsten Stelle durch das Rohr s, (Fig. 19). Damit das Schmieröl im Innern des Zylinders nicht verdampft und dadurch die Schmierung aufhört, darf das abfließende Wasser nur eine Temperatur von höchstens etwa 75° haben.

Je nach dem Druck, welcher in der Wasserleitung vorhanden ist, nimmt man den lichten Durchmesser der Zuflußleitung 8—16 mm weit, jedenfalls muß für jede Pferdekraft und Stunde eine Wassermenge von 40 Litern hindurchfließen können. Für einen 6pferdigen Gasmotor müßten demnach, wenn derselbe 10 Stunden im Betrieb ist, $6 \cdot 10 \cdot 40 =$

2400 Liter Wasser durch die Zuleitung dem Motor zugeführt werden können. Um die Temperatur des abfließenden Wassers und die Menge beobachten zu können, läßt man es aus dem Rohr s_1 in einen etwas tiefer liegenden Trichter des Abflußrohres s_2 frei eintreten.

In Fig. 29 ist ein Kühlgefäß mit seinen Rohranschlüssen nach dem Gasmotor dargestellt. Durch das Rohr s, in welchem ein Dreiwegehahn y zum Absperren, Einschalten und Leerlaufen des Kühlgefäßes vorhanden ist, tritt das Wasser in den Hohlraum zwischen Zylinder und Mantel, sodann fließt es nach dem Kühlgefäß durch das stets ansteigende Rohr s_1, welches mindestens 100 mm unter dem Wasserspiegel einmündet, zurück. In dem Kühlgefäß selbst findet eine fortwährende Zirkulation des Wassers statt, da das schwere, kältere Wasser stets zu Boden sinkt. Von Zeit zu Zeit muß das in dem Gefäß an der Oberfläche verdunstende Wasser durch Nachfüllen ersetzt werden. Während des Betriebes darf selbstredend kein Umrühren des Wassers stattfinden, da dadurch die Zirkulation gestört würde. Das Kühlgefäß wird zweckmäßig so aufgestellt, daß der Boden nur unerheblich tiefer liegt, als der untere Zylinderteil des Motors; höher kann das Kühlgefäß ohne Beeinträchtigung seiner Wirkung gut aufgestellt werden. Der Inhalt muß etwa 40 Liter für die Pferdestärke und Stunde betragen, so daß demnach ein 4pferdiger Motor für einen 10stündigen Betrieb ein Kühlgefäß von $4 \cdot 10 \cdot 40 = 1600$ Liter Inhalt haben muß.

Es sei noch erwähnt, daß alle mit Wasser gefüllten Teile bei Frostwetter vor dem Einfrieren sorgfältig zu schützen sind; am ratsamsten ist es, alle Teile, in denen sich Wasser befindet, nach Einstellung des Betriebes völlig zu entleeren.

Nachdem im Vorstehenden die Wirkungsweise und Aufstellung des Gasmotors im wesentlichen beschrieben sind, bleibt noch etwas über die Behandlung, In- und Außerbetriebsetzung zu sagen.

In Bezug auf den Aufstellungsraum ist noch zu beachten, daß man alle Kraftmaschinen, bei denen gesundheitsschädliche oder feuergefährliche Gase entweichen können, zu denen auch der Gasmotor gehört, so unterbringt, daß der Aufstellungsraum von den Arbeitsräumen vollständig durch Wände abgeschlossen ist. Etwa in den Mauern befindliche Türen müssen, vom Aufstellungsraum aus betrachtet, nach außen aufschlagen. Die Antriebswelle für die Arbeitsmaschine ist in einer dichten Buchse

durch die Wand zu führen, der Treibriemen darf nicht durch die Wand geleitet sein. Ferner ist für gute Beleuchtung von außen und vor allem für gute Lüftung zu sorgen, damit in dem Raum, wenn irgendwo eine Undichtigkeit entstehen sollte, keine Explosion auftreten kann.

Der Besitzer eines Gasmotors vertraue die Wartung nur einem Manne an, der gewissenhaft, zuverlässig und mit der Wirkungsweise des Motors völlig vertraut ist, und der überdies Lust und Geschick zu einem solchen Posten zeigt. Die Hauptbedingung für die Erhaltung eines Motors ist peinlichste Sauberkeit; sofort nach der Außerbetriebsetzung muß daher alles herabgetropfte Schmieröl mit weicher Putzwolle sauber abgewischt werden. Von Zeit zu Zeit sind einzelne Teile, wie Zündrohr, Kolben und Ventile abzunehmen und ebenfalls sorgfältig zu reinigen. Befindet sich ein Gasmotor täglich im Betriebe, so muß etwa alle 14 Tage eine größere Reinigung stattfinden. Vor dem Zusammensetzen sind alle Teile gut zu ölen.

Bei Verwendung von gutem Schmieröl ist die Herausnahme und Reinigung des Kolbens nur etwa alle 6 Monate erforderlich. Man löst die Pleuelstange von der Kurbel, öffnet das Auslaßventil ein wenig und zieht Pleuelstange und Kolben behutsam vor, achte aber besonders darauf, daß der Kolben und die Kolbenringe nicht beschädigt werden. Nunmehr löse man die festsitzenden Kolbenringe unter Zuhilfenahme von Petroleum und nehme sie dann in der Weise ab, daß man zunächst an einer Stelle den Ring behutsam vom Kolben abzieht und zwischen Ring und Kolben ein Stückchen Weißblech schiebt, hierauf wiederhole man dasselbe an einer zweiten, dritten und event. vierten Stelle, bis sich der Ring bequem abstreifen läßt. Zerbrochene Ringe benutze man niemals wieder; sind Ersatzringe nicht zur Hand, so setze man den Kolben unter Weglassung der zerbrochenen Ringe ein, achte aber darauf, daß die Stoßfugen der Ringe zwar gegeneinander versetzt, aber alle an der unteren Kolbenseite anliegen.

Die innere Zylinderwandung ist unter Vermeidung aller scharfen und harten Teile wie Schabeeisen, Messer 2c. ebenfalls sorgfältig zu reinigen. Die Putzwolle darf nicht sandig sein, auch dürfen die einzelnen Teile wie Kolben, Kolbenringe 2c. nie auf den Fußboden gelegt oder gestellt werden, da ein anhaftendes Sandkorn im Betriebe diese Teile beschädigt.

Das Auslaßventil muß zeitweise auf seinen dichten Verschluß geprüft werden, da bei Undichtigkeit während der Kompressionsperiode Gasverluste auftreten. Stellt sich bei der Untersuchung heraus, daß es undicht ist, so muß es mit Schmirgelpapier sorgfältig eingeschliffen werden.

Vor der Inbetriebsetzung des Motors sind alle arbeitenden Teile sorgfältig vom Schmutz zu reinigen, alle Reibungsflächen und Zapfen zu ölen und die Schmiertöpfe auf dem Zylinder mit einer Mischung von einem Teil reinen Rüböls und vier Teilen guten Mineralöls zu füllen. Die Schmiertöpfe der Lager und der Pleuelstange werden mit konsistentem Fett gefüllt und der Stift des Auslaßventils mit Petroleum geschmiert. Nachdem der Motor so vorbereitet ist, öffne man den Haupthahn und den Gaszuströmungshahn für die Heizflamme des Glüh- oder Zündröhrchens. Wenn dieses rotglühend geworden ist, stellt man die Vorrichtung zur Erleichterung des Andrehens ein und dreht das Schwungrad etwa 2—4 mal schnell herum, darauf läuft der Motor von selbst; nun stellt man die soeben erwähnte Vorrichtung ab und das Kühlgefäß durch Öffnen des Hahnes y (Fig. 29) an.

Die Außerbetriebsetzung erfolgt in der Weise, daß man zuerst den Haupthahn schließt, damit der Gummibeutel noch leergesaugt wird, dann die Heizflamme durch Schließen des betreffenden Hahnes löscht und das Kühlwasser durch Absperren des Hahnes y (Fig. 29) abstellt.

Bei richtiger Behandlung des Motors können im Betriebe nur selten Störungen eintreten; sie lassen sich, wenn sie auftreten, durch einen aufmerksamen Wärter gewöhnlich leicht beseitigen.

Zunächst müssen die Gaskraftmaschinen der

Gasmotorenfabrik Deutz in Köln-Deutz

behandelt werden. Sie lassen sich in stehende und liegende Maschinen oder in solche mit Glührohr und mit magnet-elektrischer Zündung einteilen.

Eine stehende Gasmaschine System Otto, bei welcher der Zylinder unten und die Schwungradwelle oben angeordnet ist, zeigt das Modell D_2. Diese Maschine wird nur bis 4 PS. gebaut, sie soll hauptsächlich da verwendet werden, wo die Raumverhältnisse beschränkt sind.

In Fig. 30 ist der Gasmotor in der Ansicht und in Fig. 31 senkrecht durchschnitten dargestellt, es bezeichnet AA in den Fig. 30 und 31 den oben offenen Arbeitszylinder, der doppelwandig ist, und in dessen Hohlraum sich die Wasserkühlung befindet. Der obere Teil des Arbeitszylinders

ist von einem anderen Zylinder fest umschlossen, an dem sich die beiden kräftigen Arme zur Aufnahme der Lager für die Kurbelwelle C befinden. B ist der Kolben, an dem die Schubstange angreift. Die Leitung für das Leuchtgas führt zu dem abgebrochen dargestellten Rohr bei F (Fig. 29 und 31), in welchem sich ein einstellbarer Gashahn mit Zeiger und Skala

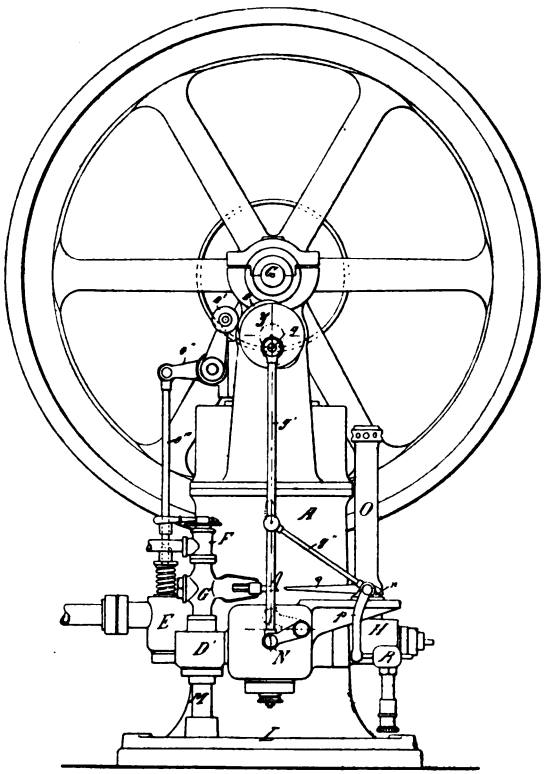


Fig. 30.

zur Regelung der Gaszufuhr für das Gasgemisch befindet. In dem Gehäuse G ist ein Gashahn (Gaseinlaßvorrichtung), der durch den Druck eines kleinen Regulators o (Fig. 33) geöffnet werden kann. Ist das geschehen, so saugt der Kolben Gas und durch das Rohr M atmosphärische Luft aus dem hohlen Sockel L an. Die Luft wird zentral im Ventil geführt und das Gas in einen Kanal (Fig. 32) geleitet, aus dem es durch ring-

förmig angeordnete Öffnungen unter den Ventilteller tritt. Hier trifft es mit der Luft zusammen, beide geraten in heftige Wirbelungen und mischen sich dadurch innig; dann treten sie als fertiges Gemisch durch den Kanal l und das Einströmungsventil D (Gasgemischeinlaßvorrichtung) in den Zylinder. Wenn der kleine Regulator o das Gasventil nicht öffnet, so kann der Kolben nur Luft durch M ansaugen, es kommt dann keine Verbrennung und keine Arbeitsleistung zu stande. Die verbrannten Gase treten durch das Ausblasventil E (Auslaßvorrichtung) in den Auspufftopf. Das Ventil wird betätigt durch eine Stange e‴ und einen Hebel e″, an dessen einem Ende eine Rolle e′ sich befindet, die durch einen Nocken e an der Steuerscheibe y zurückgedrückt wird und dadurch das Ventil öffnet, durch Federdruck wird es wieder geschlossen. Die Steuerscheibe y darf, wie schon früher hervorgehoben wurde, nur halb so viel Umdrehungen machen als das Schwungrad, sie sitzt deshalb an einer besonderen kurzen Welle, die ihren Antrieb durch ein Zahnrad y″ erhält, das die doppelte Anzahl Zähne hat, wie das auf der Kurbelwelle befestigte Zahnrad y′.

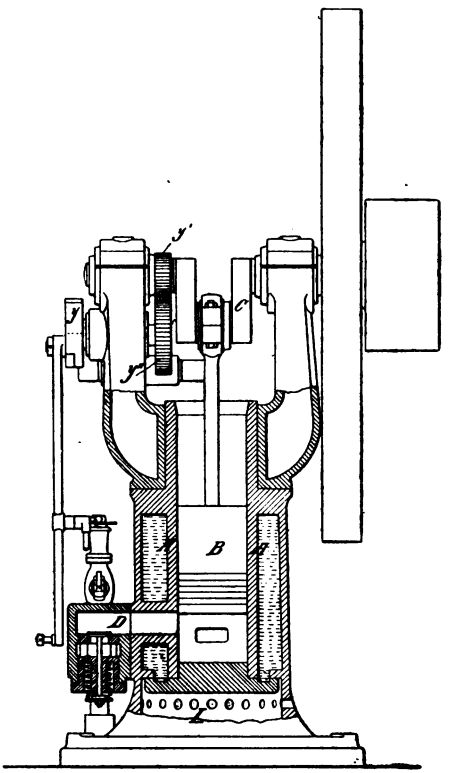


Fig. 31.

Die Zündvorrichtung besteht aus einem Porzellanrohr, das sich in dem Brennergehäuse H befindet und durch einen Bunsenbrenner geheizt wird. Die Luftzuführung zur Heizflamme ist regulierbar. Die verbrannten Gase treten durch das Lampenrohr O ins Freie.

Die Regulierung der Umdrehungszahl geschieht durch den Ausfall

von Arbeitsperioden, d. h. bei zu hoher Umdrehungszahl tritt kein Leuchtgas in den Zylinder, und somit fällt eine Explosion aus, weil dann ein

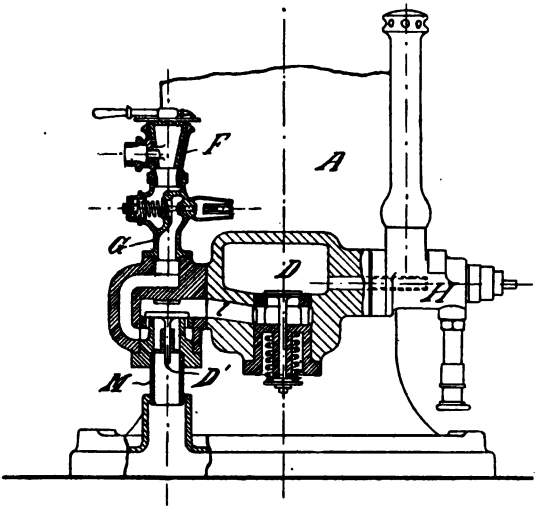


Fig. 32.

kleiner Pendelregulator das Gasventil nicht aufstößt. Dieser besteht aus einer Stange g' (Fig. 30), die durch g an der Steuerscheibe y und an dem Einströmungsventilgehäuse bei N befestigt ist. Sobald die Steuer-

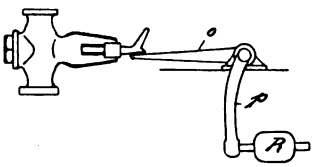


Fig. 33.

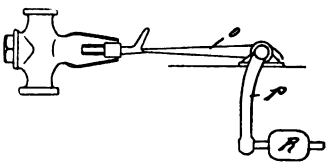


Fig. 34.

scheibe in Umdrehung versetzt wird, erhält die Stange g eine pendelnde Bewegung, dadurch wird der Hebel g' in eine hin- und hergehende und auf- und abwärts gerichtete Bewegung versetzt. Der Schlitten n an dem einen Ende der Stange kann aber nur die hin- und hergehende Bewegung mitmachen, dasselbe gilt von dem am Schlitten befestigten Pendelgewichte R. Dieses wird bei einer Bewegung des Schlittens nach rechts diese Bewegung mitmachen und bei der plötzlich eintretenden umgekehrten Bewegung des Schlittens offenbar das Bestreben haben, noch

etwas weiter zu gehen und wird dabei um so weiter ausschlagen, je größer die Geschwindigkeit des Schlittens n und damit auch die Umdrehungszahl des Schwungrades ist. Bei normaler Umdrehungszahl schlägt das Gewicht R nur soweit aus, daß es noch schnell genug zurückkehrt, um den Stichel o so hoch zu heben, daß er den Gashahn aufstößt (Fig. 34). Ist hingegen die Umdrehungszahl größer, so kann das Gewicht nicht schnell genug zurückkommen, um den Stichel o zu heben und das Gasventil zu öffnen (Fig. 33), es fällt also eine Arbeitsperiode aus. Die Regulierung ist eine vorzügliche, zumal der Regulator sehr genau eingestellt werden kann.

Betriebskostenberechnung für stehende Gasmotoren.

Anzahl der Pferdestärken	1/2	1	2	3	4
Preis in ℳ*)	800	1000	1300	1600	1900
1. Amortisation, Betriebsdauer 15 Jahre. .	ℳ $\frac{800}{15}$ = 53,33	ℳ $\frac{1000}{15}$ = 66,67	ℳ $\frac{1300}{15}$ = 86,67	ℳ $\frac{1600}{15}$ = 106,67	ℳ $\frac{1900}{15}$ = 126,67
2. Verzinsung 5 Proz. . .	$\frac{800}{100} \cdot 5$ = 40,00	$\frac{1000}{100} \cdot 5$ = 50,00	$\frac{1300}{100} \cdot 5$ = 65,00	$\frac{1600}{100} \cdot 5$ = 80,00	$\frac{1900}{100} \cdot 5$ = 95,00
3. Reparaturen u. s. w. . .	= 50,00	= 60,00	= 70,00	= 80,00	= 90,00
4. Schmiermaterial u. s. w.	= 110,00	= 120,00	= 130,00	= 145,00	= 160,00
5. Kühlwasser, 1 cbm = 12 Pf.	= 10,00	= 15,00	= 30,00	= 45,00	= 60,00
6. Kosten für das Gas, 1 cbm = 10 Pf. .	1/2.0,7.3000.0,10 = 105,00	1.0,65.3000.0,10 = 195,00	2.0,65.3000.0,10 = 360,00	3.0,55.3000.0.10 = 495,00	4.0,5.3000.0,10 = 600,00
Zusammen ℳ	368,33	506,67	741,67	951,67	1131,67

*) Es ist hier der Preis des Motors einschließlich Verpackung, aber ausschließlich des Fundamentes, der Aufstellung und des Transportes angegeben, da der Preis hierfür von örtlichen Verhältnissen abhängig ist und er überdies au das Resultat der Rechnung einen irgendwie nennenswerten Einfluß nicht ausüben

Demnach kostet 1 Pferdekraft in 1 Stunde:

1. beim $^1/_2$pferd. Motor $= \frac{368{,}33}{3000 \cdot 0{,}5} = 24{,}6$ Pfennig,
2. beim 1pferd. Motor $= \frac{506{,}67}{3000 \cdot 1} = 16{,}9$ Pfennig,
3. beim 2pferd. Motor $= \frac{741{,}67}{3000 \cdot 2} = 12{,}4$ Pfennig,
4. beim 3pferd. Motor $= \frac{951{,}67}{3000 \cdot 3} = 10{,}6$ Pfennig,
5. beim 4pferd. Motor $= \frac{1131{,}67}{3000 \cdot 4} = 9{,}4$ Pfennig.

Wenn eine Kraftmaschine nicht 3000 Stunden im Jahre gebraucht wird, sondern kürzere Zeit, so erhöhen sich die Kosten dementsprechend. Eine andere stehende Anordnung, System Otto, bei welcher der Zylinder oben und die Schwungradwelle unten angeordnet ist, zeigt Fig. 35. Dieser Motor H_3 wird in den Größen von 6—16 PS gebaut, die Preise sind:

Pferdestärken	6	8	10	12	16
Preis mit Riemenscheibe ohne Fundament ℳ	2400	2700	3300	3600	4500

Die Umdrehungszahl ist bei allen 300 in der Minute, die Ventile sind zwangläufig gesteuert, die Zündung geschieht mittelst Glührohrs. Die einzelnen Teile sind nach den bisherigen Ausführungen ohne weitere Erläuterung verständlich.

In Fig. 36 ist eine liegende Anordnung E_3 des Gasmotors, System Otto, dargestellt. An der Längsseite ist tief die Steuerwelle gelagert, die durch verkapselte Schraubenräder die halbe Anzahl der Umdrehungen erhält, wie das Schwungrad. Der Kurbelwelle zunächst befindet sich der Zylinderschmierapparat, der von der Steuerwelle aus den Antrieb erhält. Dann folgt nach unten hängend der Schwungkugelregulator. Der Antrieb des Gasventils geschieht durch einen Nocken, der auf einer Büchse sitzt, die auf

kann. Der Preis für das Kühlgefäß ist ebenfalls nicht berücksichtigt, da angenommen wurde, daß der Gasmotor an eine Wasserleitung angeschlossen sei, was für die Rechnung der ungünstigste Fall ist.

Bei allen folgenden Kostenberechnungen ist in gleicher Weise verfahren worden.

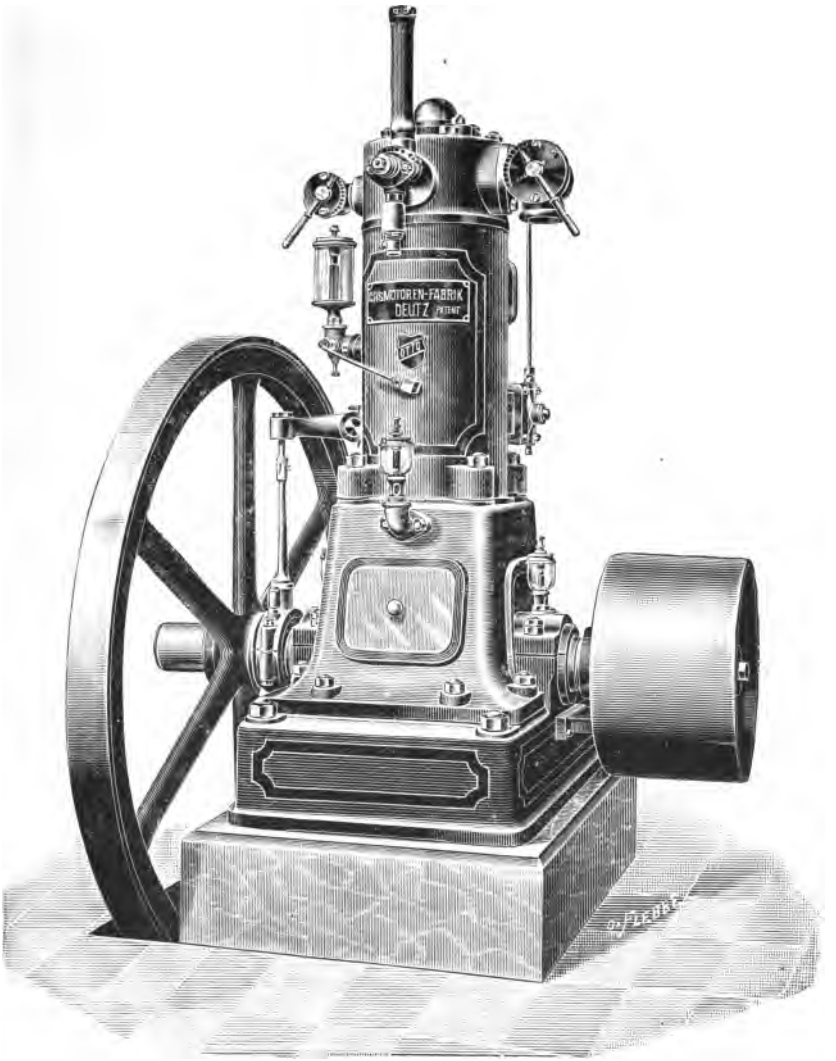


Fig. 85.

der Steuerwelle sich nicht drehen läßt, wohl aber hin- und herbewegt werden kann. Ist die Umdrehungszahl des Motors zu groß, so werden die Kugeln des Regulators auseinander getrieben und durch eine Hebelübersetzung die Büchse so weit seitlich auf der Steuerwelle verschoben, daß der Nocken an dem Hebel für das Einlaßventil vorbeigeht. Der Kolben kann dann kein Gas ansaugen, es findet somit auch keine Explosion statt. Bei den Mo-

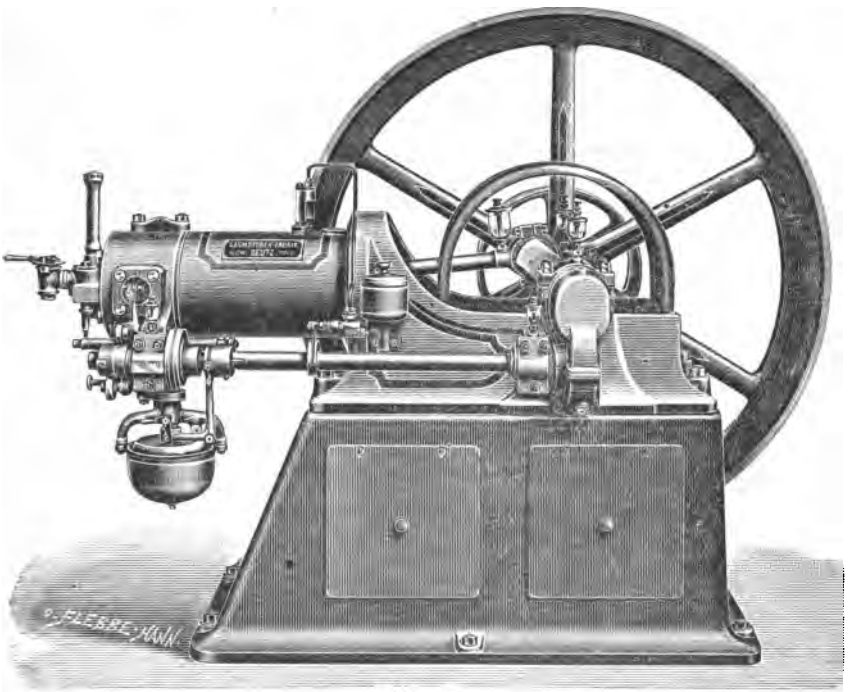


Fig. 36.

toren, die einen besonders hohen Gleichförmigkeitsgrad haben müssen, z. B. für den Antrieb von elektrischen Lichtmaschinen, wird die Regulierung durch Veränderung des Gasreichtums des Gemisches bewirkt, dann erhält der Nocken auf der Büchse eine schräge Form, so daß er je nach der Stellung, die er durch den Regulator erhält, mehr oder weniger Gas eintreten läßt. Das Auslaßventil wird ebenfalls von der Steuerwelle durch Nocken und Hebel bewegt. Da es beim Andrehen Schwierigkeiten macht, das Schwungrad über die Kompression fort zu bewegen, so ist noch eine

besondere kleine Vorrichtung vorhanden, die es ermöglicht, die Kompression durch ein kurzes Öffnen des Auslaßventils zu mildern. Sobald der Motor von selbst läuft, muß natürlich die Vorrichtung wieder abgestellt werden.

Der Motor wird mit zwangläufiger Ventilsteuerung und Glührohrzündung in Größen von 1—30 PS gebaut. Er kann auch mit elektrischer Zündung ausgestattet werden, was besonders in Anlagen zu empfehlen ist, in denen feuergefährliche Gase entstehen können. Er erfordert etwas mehr Platz, als die stehende Anordnung. Die Preise für die kleinen Motoren sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

Nutzpferdestärken	1	2	3	4	6	8	10
Preis mit Riemenscheibe ohne Fundament . ℳ	1050	1350	1650	2000	2650	3000	3600

Sie weichen nur unerheblich von denen der stehenden Anordnung ab, so daß die Betriebskosten als dieselben gelten können.

Für elektrischen Betrieb werden die Modelle H_3 und E_3 noch mit besonderen Einrichtungen versehen.

Zur Verhütung von Unfällen, die durch das plötzliche Anspringen des Motors beim Anlassen entstehen können, baut die Gasmotorenfabrik Deutz eine Sicherheitsanlaßkurbel, die auf der verlängerten Motorachse sitzt. Sie besteht, wie Fig. 37 und 38 zeigen, aus zwei Teilen, aus einer Mitnehmerscheibe e, die auf der Motorachse festgekeilt ist mit dem ebenfalls fest gelagerten Sperrkranz b und der lose auf der Achse sitzenden Kurbel c. Diese hat einen Zapfen g, an welchem an der einen Seite der Mitnehmer f sitzt, während sich auf der anderen, durch eine Feder gehalten, der Mitnehmer d befindet. Soll der Motor angedreht werden, so setzt man die Kurbel c so auf, daß der Mitnehmer f in die kleine Nute bei e paßt und d in den Zahnkranz greift; wird jetzt die Kurbel gedreht, so muß die Achse folgen, tritt nun eine Zündung ein, so eilt die Achse vor, d. h. f kann nicht mehr in die Nute fassen und die Kurbel kann ohne Mühe abgezogen werden. Sobald beim Andrehen eine Zündung eintritt, bevor noch der Kolben ganz zurückgegangen ist, wird die Achse in einem Sinne gedreht, der der Kurbeldrehung entgegengesetzt ist, durch den Ausrücker d wird dann der Mitnehmer aus der Nut herausgezogen (vergl. Fig. 38), und die Kurbel

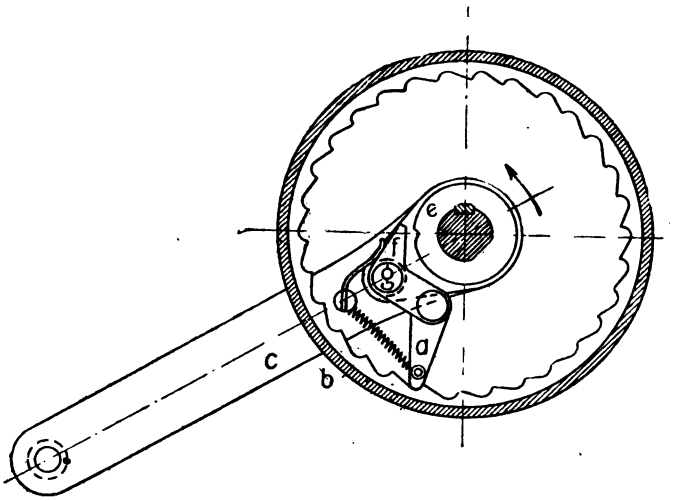


Fig. 37.

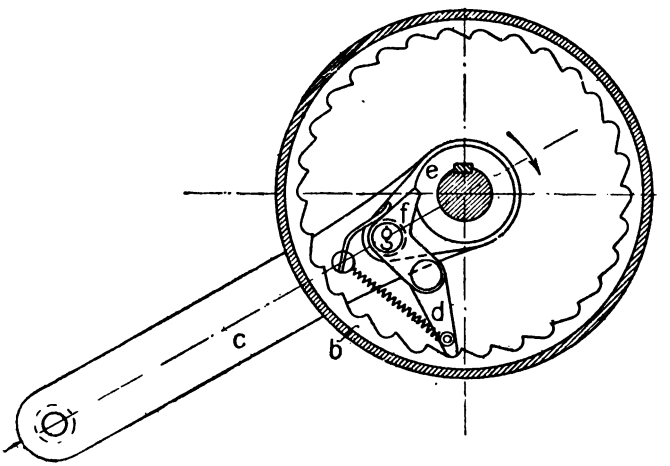


Fig. 38.

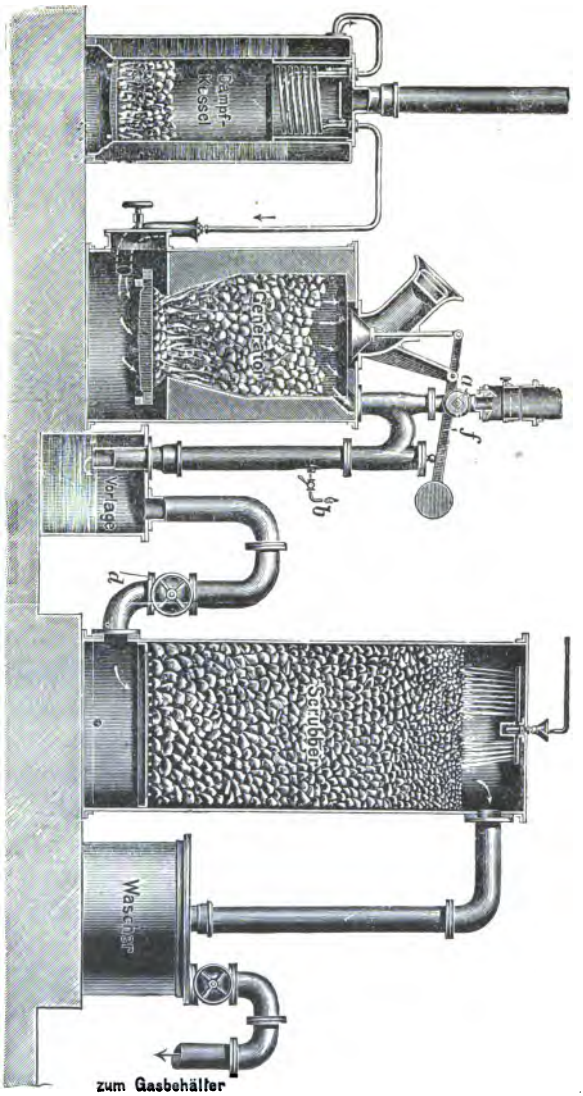

Dampf-kessel
Generator
Vorlage
Scrubber
Waschapp.
zum Gasbehälter

Fig. 89.

bleibt in der Hand des Arbeiters. Auf diese Weise sind die Gefahren beim Andrehen beseitigt.

Wenn, ganz allgemein gesagt, der Gasmotor trotz seiner zweckmäßigen Konstruktion noch nicht die Verbeitung fand, die man hätte erwarten dürfen, so ist es darauf zurückzuführen, daß er nur an solchen Stellen aufgestellt werden kann, an denen Leuchtgas zur Verfügung steht. An vielen kleinen Orten ist das aber nicht der Fall. Deshalb suchte man die Petroleum-, Benzin- 2c. Motoren besonders auszubilden, namentlich kamen hierfür auch landwirtschaftliche Interessen in Frage, wie die Petroleummotorenkonkurrenz in Berlin 1894 deutlich dartut.

Im Anfange der 80er Jahre soll E. Dowson die erste Halbwasser- oder Kraftgasanlage gebaut haben. Die Darstellung des Gases geschieht in der Weise, daß fortwährend Luft und Wasserdampf in geringen Mengen in eine glühende Kohlenschicht, die sich in einem geschlossenen Behälter befindet, hineingeblasen werden; es verbindet sich dann der Sauerstoff der Luft mit der Kohle zu Kohlenoxyd, während das Wasser in der Glut in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird, von denen der Wasserstoff keine Verbindung eingeht, während der Sauerstoff sich wieder mit der Kohle zu Kohlenoxyd verbindet. Das so gebildete Gas besteht also aus Kohlenoxyd, Wasserstoff und dem von der Luft übrig gebliebenen Stickstoff. Infolge dieser Zusammensetzung verbrennt es mit nichtleuchtender Flamme und eignet sich nicht für Beleuchtungszwecke, wohl aber für Heizung und Krafterzeugung. Bei der Verbrennung von Kohle wird Wärme erzeugt, wie schon Seite 18 ausgeführt wurde; bei der Trennung des Wassers in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff wird genau so viel Wärme verbraucht, als bei der Verbindung von Wasserstoff- und Sauerstoffgas erzeugt wurde. Es ist daher möglich, die Luft- und Wasserdampfzufuhr so zu regeln, daß ebensoviel Wärme durch Verbrennung von Kohle zu Kohlenoxyd erzeugt wird, als Wärme zur Zersetzung des Wasserdampfes und zum Ersatz des Wärmeverlustes durch Ausstrahlung verloren geht; dann befindet sich der Apparat zur Kraftgaserzeugung (Generator) im Beharrungszustand.

Das so erzeugte Kraftgas bedarf noch der Reinigung im Skrubber und Wäscher, bevor es zum Betriebe von Gasmotoren geeignet ist. In Fig. 39 ist ein Kraftgasapparat im Durchschnitt dargestellt, und zwar befindet sich links der Kessel zur Erzeugung des erforderlichen Wasserdampfes

mit einem Dampftrockner über der Feuerbüchse, mit diesem ist durch ein Rohr verbunden der Generator, in den unter dem Rost Wasserdampf und Luft eingeblasen werden, die durch die glühende Kohlenmasse (Anthracit, Koks) hindurchstreichen und dabei Kraftgas bilden. Durch das nach links gebogene oben angebrachte Rohr wird Brennstoff nach Bedarf nachgefüllt. Aus dem Generator werden die Gase durch die Wasservorlage in den Skrubber geleitet, der mit Koksstückchen gefüllt ist, die mit Wasser berieselt werden. Von dem Skrubber gehen die Gase durch den Wäscher in den nicht mit dargestellten Gasbehälter.

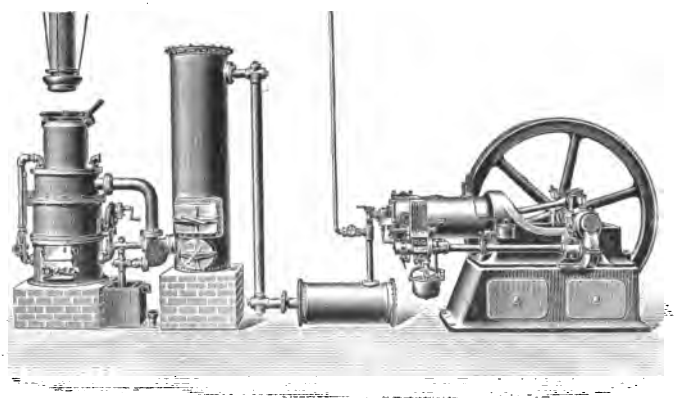


Fig. 40.

Das so erzeugte Kraftgas besteht aus etwa 23 % CO (Kohlenoxydgas), 17 % H (Wasserstoff), 2 % CH_4 (Methan), 6 % CO_2 (Kohlensäure) und 52 % N (Stickstoff). 1 cbm dieses Gases liefert beim Verbrennen etwa 1300 WE, während 1 cbm Leuchtgas 4879 WE gab (vergl. Seite 51), also fast 4mal so viel.

Dieses Gas kann der Kleingewerbetreibende nicht verwenden, weil die Anlage zu teuer ist und sich deshalb nur für größere Kräfte eignet.

Es wurde daher versucht, einen Gaserzeuger so herzustellen, daß Dampfkessel und Gasometer überflüssig sind und die Reinigung erheblich vereinfacht wird.

Die ersten Versuche, die Leon & E. Benier 1891 in dieser Hinsicht mit einem Zweitaktgasmotor machten, fielen ungünstig aus. Erst als

Benier & Taylor 1898 einen Viertaktmotor verwandten, erzielten sie gute Resultate. Jetzt sind die Apparate so weit vervollkommnet, daß sie mit gutem Erfolge auch im Kleinbetriebe verwendet werden können. Ihr Wesen beruht darauf, daß der Gasmotor während der Saugperiode die erforderliche Menge Luft und Wasserdampf durch die Apparate ansaugt, so daß sich also bei jeder Saugperiode das nötige Gas bildet. In Fig. 40 ist die Anordnung in der Ansicht und in Fig. 41 im Schnitt dargestellt, wie sie von der Gasmotorenfabrik Deutz ausgeführt wird. A ist der Generator, der in seinem mittleren Teile mit dem Wasserverdampfer e umgeben ist, und dessen oberer Teil den Einfüllschacht bildet. Daneben befindet sich, durch ein Rohr verbunden, der Skrubber C, dann folgt ein Gastopf D und der Motor. Betrachten wir jetzt die Vorgänge, die eintreten, wenn in dem Gasmotor die Saugperiode stattfindet; dann entsteht in dem Gastopf D eine Druckverminderung, das Gas tritt aus dem Skrubber C in den Topf D; um dieses Vakuum wieder auszufüllen, geht Gas aus dem Generator A durch ein Rohr in den Skrubber C. Das hier entstehende Vakuum pflanzt sich bis unter den Rost g fort und teilt sich durch das Rohr 1 dem Wasserverdampfer e mit, so daß durch eine Öffnung in der Verdampferwandung Luft angesaugt wird, welche über die Wasseroberfläche dahinstreicht, sich mit Wasserdampf bereichert und so in die glühenden Kohlen eintritt. Dem Wasserverdampfer, der mit einem Überlaufrohr versehen ist, das bis unter die Roststäche führt, wird das nötige Wasser stetig durch eine kleine Vorrichtung zugeführt. Brennmaterial (Anthracit oder Koks) wird nach Bedarf etwa alle 2 Stunden durch den Schachtdeckel aufgegeben. Die Inbetriebsetzung erfolgt nun in der Weise, daß man den Skrubber C vom Generator abschließt, diesen mit der Außenluft durch h verbindet und dann Feuer macht, das durch einen kleinen Ventilator B (ganz links in Fig. 41 dargestellt) angefacht wird. Nach etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde ist die Temperatur so hoch geworden, daß sich Gas bildet, welches mit orangegelber Farbe brennt. Dann hebt man das nach außen führende Rohr h, leitet die Gase durch den Skrubber und dreht den Motor an. Bei kurzen Unterbrechungen ist nur ein Abschlacken des Rostes und kurzes Anfachen des Feuers nötig, bis der Motor wieder betriebsfertig ist.

Die Außerbetriebsetzung geschieht dadurch, daß man den Skrubber von dem Generator absperrt, diesen mit der Außenluft in Verbindung bringt und den Hahn 3 öffnet, damit das Feuer in Glut bleibt. Ein

solcher Gasmotor erfordert zwar nur eine geringe Wartung, aber doch mehr als ein gewöhnlicher Leuchtgasmotor.

Wie hoch stellen sich nun die Betriebskosten? 1 kg Anthracit liefert bei der Verbrennung 8000 WE. Bei der Vergasung entstehen etwa 4,5 cbm Kraftgas von je 1300 WE, im ganzen also $4{,}5 \cdot 1300 = 6000$ WE; es gehen also 2000 WE im Vergasungsapparat verloren; demnach ist der wirtschaftliche Nutzeffekt

$$g_w = \frac{6000}{8000} = 0{,}75.$$

Im Gegensatz hierzu hat der Dampfkessel

$$g_w = 0{,}042.$$

Ferner verbraucht ein Sauggasmotor für eine PS in einer Stunde etwa 0,5 kg Anthracit, wodurch 4000 WE oder $\frac{4000 \cdot 424}{60 \cdot 60} = 471$ mkg mechanische Energie in der Stunde erzeugt werden, dafür liefert er 75 mkg am Schwungrade; somit ist der wirtschaftliche Nutzeffekt der ganzen Anlage

$$g_w = \frac{75}{471} = 0{,}16$$

gegen 0,051 bei dem Leuchtgasmotor. Es verhält sich also die Wirtschaftlichkeit des Sauggasmotors zu derjenigen des Leuchtgasmotors und der Dampfmaschine wie 0,16 : 0,051 : 0,042 oder etwa wie 16 : 5 : 4, d. h. die Sauggasmotoranlage ist der Leuchtgasanlage 3mal und der Dampfmaschinenanlage 4mal überlegen; hierin liegt die ungeheure Bedeutung dieser neuen Art der Wärmeausnutzung.

Die Preise der Sauggasmotoranlagen, wie sie die Gasmotorenfabrik Deutz baut, sind in der folgenden Übersicht enthalten:

Pferdestärken	6	8	10	12	14
Preis der Generatorgasanlage . . . ℳ	1600	1600	1800	1800	1800
Preis des Motors . ℳ	2850	3200	3800	4100	5000
Zusammen ℳ	4450	4800	5600	5900	6800

Da der Brennmaterialverbrauch einschließlich des Zuschlages für Abbrand 0,66 kg Anthracit oder 1,023 kg Koks für die Nutzpferdestärke in der Stunde beträgt, so stellen sich die Betriebskosten wie folgt:

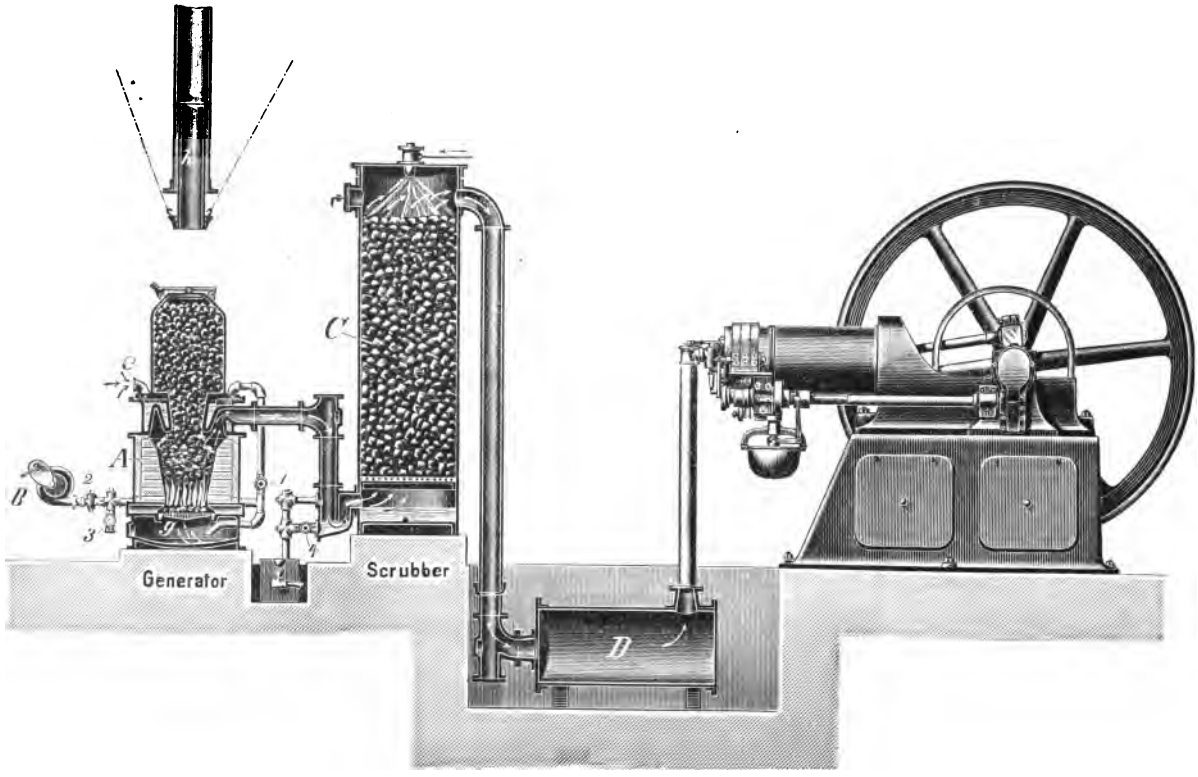


Fig. 41.

Anzahl der Pferdestärken	6	8	10	12
Preis in ℳ	4450	4800	5600	5900
1. Amortisation, Betriebsdauer 15 Jahre . . .	ℳ $\frac{4450}{15} = 296{,}67$	ℳ $\frac{4800}{15} = 320{,}00$	ℳ $\frac{5600}{15} = 373{,}34$	ℳ $\frac{5900}{15} = 393{,}34$
2. Verzinsung 5 % .	$\frac{4450 \cdot 5}{100} = 222{,}50$	$\frac{4800 \cdot 5}{100} = 240{,}00$	$\frac{5600 \cdot 5}{100} = 280{,}00$	$\frac{5900 \cdot 5}{100} = 295{,}00$
3. Reparaturen u. s. w.	= 180,00	= 210,00	= 240,00	= 270,00
4. Schmiermaterial u. s. w.	= 180,00	= 200,00	= 220,00	= 240,00
5. Kühlwasser, 1 cbm = 0,12 ℳ	= 75,00	= 90,00	= 105,00	= 120,00
6. Kosten für das Brennmaterial, Anthracit 100 kg = 2,30 ℳ	$\frac{0{,}66 \cdot 6 \cdot 3000 \cdot 2{,}3}{100} = 273{,}24$	$\frac{0{,}65 \cdot 8 \cdot 3000 \cdot 2{,}3}{100} = 358{,}80$	$\frac{0{,}64 \cdot 10 \cdot 3000 \cdot 2{,}3}{100} = 441{,}60$	$\frac{0{,}63 \cdot 12 \cdot 3000 \cdot 2{,}3}{100} = 521{,}64$
Zusammen ℳ	1227,41	1418,80	1659,94	1839,98

Somit kostet eine Pferdekraft in einer Stunde

$$\frac{1227{,}41}{3000 \cdot 6} = 6{,}82 \text{ Pfennig.}$$

$$\frac{1418{,}80}{3000 \cdot 8} = 5{,}91 \quad \text{"}$$

$$\frac{1659{,}94}{3000 \cdot 10} = 5{,}53 \quad \text{"}$$

$$\frac{1839{,}98}{3000 \cdot 12} = 5{,}11 \quad \text{"}$$

Die Betriebskosten werden also geringer als bei den Leuchtgasmotoren, deren 6pferdiger Motor rd 8,4 Pfennig Kosten verursacht.

Da das Kraftgas nicht so viel Wärme liefert wie das Leuchtgas, so wird ein Gasmotor, der mit Leuchtgas betrieben 6 PS liefert, mit Kraftgas betrieben weniger Arbeit leisten können und zwar nur etwa $^2/_3$ so viel, also 4 PS.

Die Aufstellung der Sauggasmotoren kann überall stattfinden, nur ist dabei in erhöhtem Maße das zu beachten, was schon auf Seite 65 von den Leuchtgasmotoren gesagt wurde, weil das Kohlenoxydgas sehr giftig ist.

Weit verbreitet sind auch die Gasmotoren der Firma

Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover,

die für gewerbliche Betriebe vorwiegend in liegender Anordnung (Fig. 42) gebaut werden. Sie arbeiten wie die Ottoschen Gasmotoren im Viertakt und ähneln ihnen auch in der Ausführung, unterscheiden sich von ihnen aber in der Regelung der Umdrehungszahl des Schwungrades. Während die ersteren bei zu großer Geschwindigkeit einzelne Explosionen auslassen, verändern die Körtingschen Maschinen von der kleinsten an die Menge des Gasgemisches, das in den Zylinder eintritt, entsprechend der Größe der zu leistenden Arbeit. Bei ihnen wird die Luft für das Gasgemisch aus dem Hohlraum des Rahmens durch ein Rohr 17 (Fig. 43) entnommen und tritt dann in das Gehäuse 13 des Einlaßventils, in welches auch das Gaszufuhrrohr mündet. Darüber befindet sich der Sitz 14 für ein Doppelventil 15, das beim Anheben gleichzeitig große wagerechte Öffnungen für die Luft und senkrechte Schlitze für das Gas freigibt, so daß das Gemisch von Gas und Luft stets in einem gleichen Verhältnis stattfindet. Dieses Gemisch tritt dann in einen Kanal, in welchem sich eine Drosselklappe 34 befindet, die durch eine Stange 33 an einem Hebel 32 vom Regulator 31 aus verstellt werden kann. Wenn die Umdrehungszahl zu groß ist, werden die Regulatorschwungkugeln voneinander entfernt und dadurch die durch eine Feder belastete Hülse 31 angehoben. Diese bewirkt durch den Hebel und die Stange eine Drehung der Drosselklappe, die dadurch eine mehr senkrechte Lage erhält und deshalb weniger Gasgemisch in den Zylinder eintreten läßt. Infolgedessen wird die Kompression nicht so hoch und die Explosion weniger heftig. Macht der Motor zu wenig Umdrehungen, so öffnet die Drosselklappe den Einlaßkanal mehr.

Das Einlaßventil 6 wird durch Stange 29 und Hebel 27 von einem Nocken 28 auf der Steuerwelle betätigt. Das Auslaßventil 11 wird durch Hebel 25 und eine unrunde Scheibe auf der Steuerwelle geöffnet und durch eine Feder 12 geschlossen. In der Figur ist ferner das Austrittsrohr für die Abgase mit 10 und der Wasserkühlraum mit 2 bezeichnet.

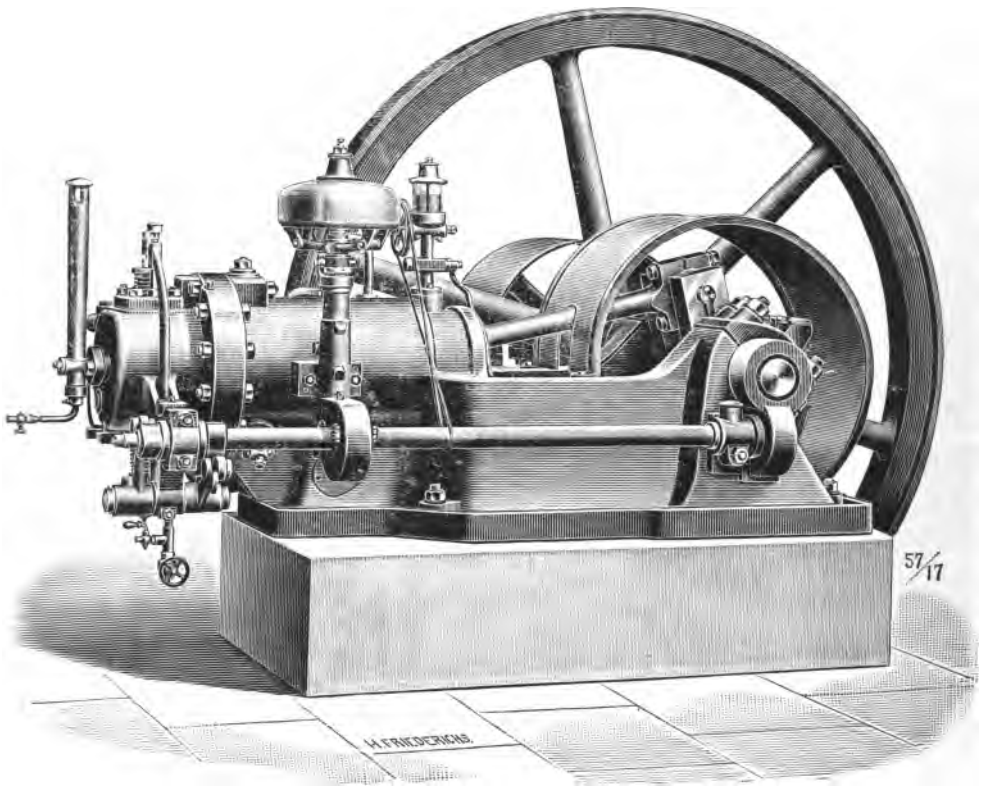


Fig. 42.

Bei den Gasmotoren bis zu 12 PS erfolgt die Zündung des Gasgemisches durch ein Glührohr oder durch einen magnet-elektrischen Zündapparat, bei solchen über 12 PS nur durch den letzteren.

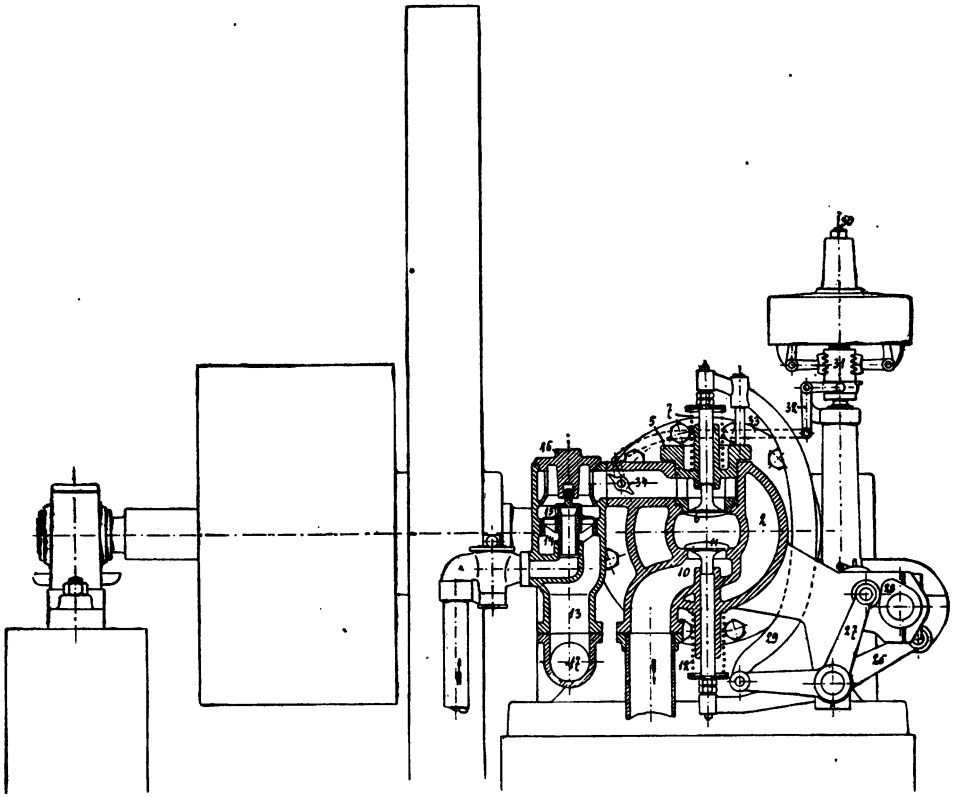


Fig. 48.

An Stelle des auf Seite 64 dargestellten zylindrischen Kühlgefäßes verwendet die Firma Körting, wenn angängig, ihre bewährten Rippenkühler, wie ein solcher in Fig. 44 dargestellt ist. Sie bestehen aus einer Anzahl von wagerechten Rippenkörpern, das sind hohle eiserne Gußstücke, die an der Außenseite mit Rippen versehen sind. Wenn in dem inneren Hohlraum ein Körper von höherer Temperatur als die äußere umgebende Luft vorhanden ist, so geht ein Teil seiner größeren Wärme schnell in das gut leitende Eisen über, das durch eine große Oberfläche wieder mit

der kälteren Luft in Berührung steht. Diese wird schnell erwärmt und dadurch spezifisch leichter, so daß sie in die Höhe steigt und die schwere kältere Luft an ihre Stelle treten läßt. Derselbe Vorgang wiederholt sich fortwährend, so daß eine ununterbrochene Zufuhr von kälterer Luft und damit eine gute Abkühlung des Körpers in dem Rippenkühler entsteht. Da sich das Wasser beim Erwärmen ausdehnt, so ist oben auf dem Kühler noch ein Dehnungsgefäß T angebracht, das immer bis zu $^2/_3$ mit Wasser gefüllt zu halten ist. E bezeichnet den Eintritt und A den Austritt des Wassers.

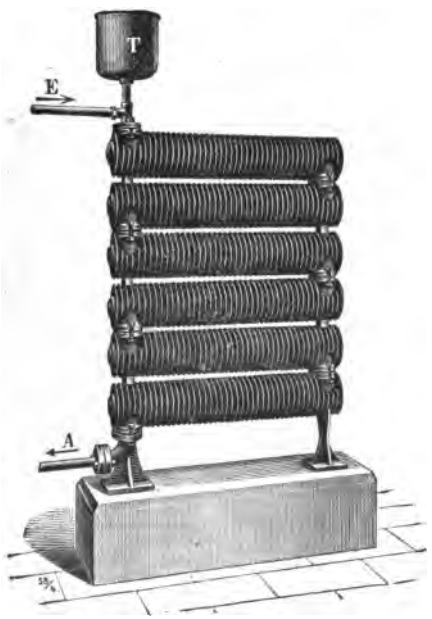


Fig. 44.

Diese Kühler können selbstredend nur da verwendet werden, wo ein guter Luftwechsel möglich ist. Bei der Aufstellung ist darauf zu achten, daß der untere Teil des Kühlers A nicht tiefer stehen darf als der Wasserraum des Motors.

Die Gasmotoren sind alle mit einer Einrichtung zur Erleichterung des Andrehens versehen. Die Preise sind aus der folgenden Tabelle zu ersehen:

Pferdestärken	2	3	4	6	8	10	12
Preis für Glührohrzündung ohne Fundament . ℳ	1800	2050	2300	2600	3200	3500	4350
Mehrpreis für magnet-elektrische Zündung . . ℳ	250	250	250	250	250	250	250

Der Gasverbrauch beträgt für eine Nutzpferdestärke in der Stunde bei den kleinen Motoren 0,6 cbm und den großen 0,4 cbm. Somit stellen sich die Betriebskosten ähnlich wie bei den Ottoschen Gasmotoren und können nach den früheren Angaben leicht genau berechnet werden.

Die Firma Gebr. Körting hat schon seit einer Reihe von Jahren Hervorragendes in dem Bau von Kraftgasanlagen geleistet.

Sie fertigt jetzt

1. reine Sauggasanlagen für Motoren bis zu 25 PS und
2. Saug- und Druckgasanlagen für Motoren über 30 PS.

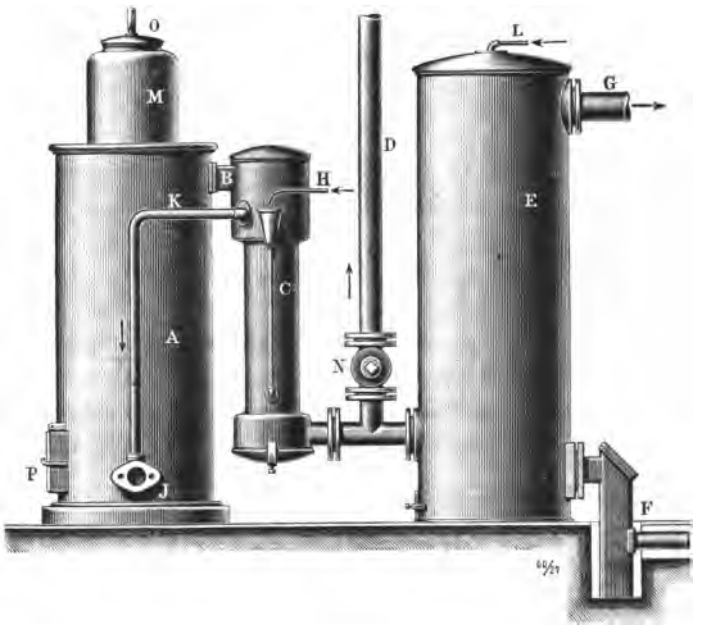


Fig. 45.

Beide Anlagen unterscheiden sich im wesentlichen dadurch, daß bei den Sauggasanlagen der Kolben der Gasmaschine das erforderliche Kraftgas mit der atmosphärischen Luft selbst ansaugt, während bei den Druckgasanlagen in dem Rohr zum Motor ein Flügelventilator eingeschaltet ist, der Wasserdampf und Luft durch den Generator und Reiniger saugt und das fertige Gas in den Motor drückt. Hier haben nur die Sauggasanlagen ein Interesse. Eine solche ist in Fig. 45 dargestellt. A bezeichnet darin den Generator, dem durch die Dampfleitung K aus dem Verdampfer C Wasserdampf zugeführt wird. Luft und Dampf treten bei J zusammen in den Aschenfall, der durch eine Tür P verschlossen gehalten wird. M ist der Fülltrichter für den Generator und O

der darauf befindliche Verschlußdeckel. Das Gas tritt durch den Stutzen B in den gußeisernen Verdampfer C, der im Innern mit Heizröhren versehen ist, die mit dem Wasser zur Verdampfung umgeben sind. Es wird in dem Verdampfer also das Gas nicht nur gekühlt, sondern auch das erforderliche Wasser verdampft. Verschlußdeckel unten und oben ermöglichen eine leichte Reinigung der Rohre. Der nötige Wasserzufluß findet durch das Rohr H statt. Der Verdampfer ist unten durch ein Rohr mit dem Skrubber E verbunden, in dem Koks auf Horden gelagert ist. Das Gas tritt durch Wasser und die von oben mit Wasser (Zufluß durch L) berieselten Koksmassen in das Rohr G, das zu einem Wassertopf und dann zum Motor führt. F ist der Überlauf für das Reinigungswasser. Wenn der Betrieb des Motors ruht und beim Anheizen des Generators wird der Hahn N so gestellt, daß die Gase durch das Rohr D ins Freie entweichen und nicht in den Skrubber gelangen. Sofern guter Anthracit verfeuert wird, ist eine weitere Reinigung des Gases nicht nötig, bei nicht ganz gutem Anthracit oder Koks muß noch nach dem Skrubber ein Sägespänereiniger eingeschaltet werden. Das Anheizen des Generators geschieht durch einen kleinen Flügelventilator, der von Hand angetrieben wird.

Die Preise der reinen Sauggasanlagen sind aus folgender Tabelle zu entnehmen:

Leistung der Gasmaschine in Pferdestärken					
	bei gut. Anthracit PS	6—8	10—12	14—16	20—25
	bei Koks und minderwertig. Anthracit PS	4—6	8—10	12—14	16—20
Preis der Anlage (Generator, Verdampfer, Skrubber, Ventilator, Wassertopf und die Rohrverbindung bis zu diesem)	ℳ	1560	1750	1950	2150
Zuschlag für einen Sägespänereiniger	ℳ	270	320	370	480
	zusammen ℳ	1830	2070	2320	2580
Gasmotor	„	2850	3750	5000	6400
	Summa ℳ	4680	5820	7320	8980

Die Betriebskosten für die Körtingschen Sauggasmotoranlagen lassen sich leicht nach den Angaben auf Seite 81 berechnen, so daß hier die Rechnung nicht mehr wiederholt zu werden braucht.

Weit verbreitet sind auch die Gasmotoren von

Benz & Co., Rheinische Gasmotorenfabrik Akt.-Ges., Mannheim,

die in stehender Anordnung von $^1/_3$—8 und in liegender von 2—100 Pferdestärken gebaut werden. Abgesehen von einigen besonderen Konstruktionseinzelheiten stimmen sie im wesentlichen mit den bereits früher besprochenen überein, so daß hier nicht weiter darauf eingegangen zu werden braucht. Die Vorrichtung zur Herstellung von Sauggas weicht von den schon besprochenen insofern ab, als Benz & Co. zwischen dem Generator und dem Verdampfer noch einen Staubfänger eingeschaltet haben, der verhindert, daß Kohlenstaub aus dem Generator in die Röhren des Verdampfers und in den Reiniger gelangt. Ferner kann durch die Bewegung eines Hebels die Gaszufuhr zum Reiniger sofort abgesperrt werden und zugleich der Austritt der Gase ins Freie erfolgen.

Die Preise der Gasmotoren gehen aus folgender Übersicht hervor:

Pferdestärken . . .	$^1/_3$	$^1/_2$	1	2	3	4	5	6	8
Stehender Gasmotor mit allem Zubehör . ℳ	650	800	1000	1300	1600	1900	2200	2600	3000
Liegender Gasmotor mit allem Zubehör . ℳ	—	—	—	1300	1600	1900	—	2600	2900
Vollständige Sauggasanlage mit Motor ℳ	—	—	—	—	—	3600	—	4300	4750

Die Firma

Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G., Werk Nürnberg,

baut Gasmotoren nach dem System Fried. Krupp. Bei ihnen liegt die Steuerwelle nicht parallel zur Längsrichtung des Zylinders, sondern in der Nähe der Kurbelwelle rechtwinklig dazu (siehe Fig. 46). Von dieser kurzen im Gestell sicher gelagerten Steuerwelle werden alle Steuerungsteile bewegt. Durch eine unrunde Scheibe erhält die lange Stange, die seitlich vom Zylinder gelagert ist (in der Figur die helle Stange im Vordergrunde) eine hin- und hergehende Bewegung, dadurch wird ein zweiarmiger Hebel, der in einem dreieckartigen Ansatz unter dem Zylinder

angebracht ist, in eine schwingende Bewegung versetzt und öffnet mit dem unteren wagerechten Arm das Einlaßventil, während er durch den oberen senkrechten Arm einem kleinen Pendelregulator (Fig. 47) eine solche Bewegung gibt, daß dieser bei zu langsamem oder normalem Gange das

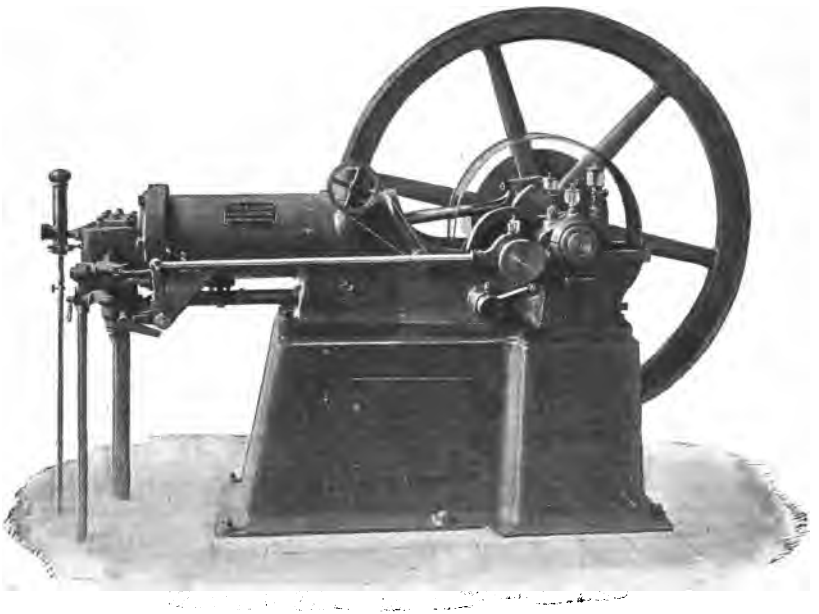


Fig. 46.

Gaseinströmungsventil öffnet, bei zu schnellem Gange aber geschlossen läßt. Der kleine Regulator ist mit dem Arm des Hebels durch einen Bolzen drehbar verbunden und muß deshalb die hin- und hergehende Bewegung des Hebels mitmachen, dabei sucht eine Feder den Regulatorhebel stets auf sein Widerlager herunterzuziehen. Beim Hingang zieht die Feder die kleine Nase a über die schiefe Ebene k herab, beim Hergang wird die Nase a bei ihrer Bewegung über k etwas in die Höhe geworfen. Ist nun die Umdrehungszahl des Motors zu groß, so kann der kleine Stecher s

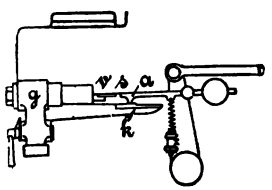


Fig. 47.

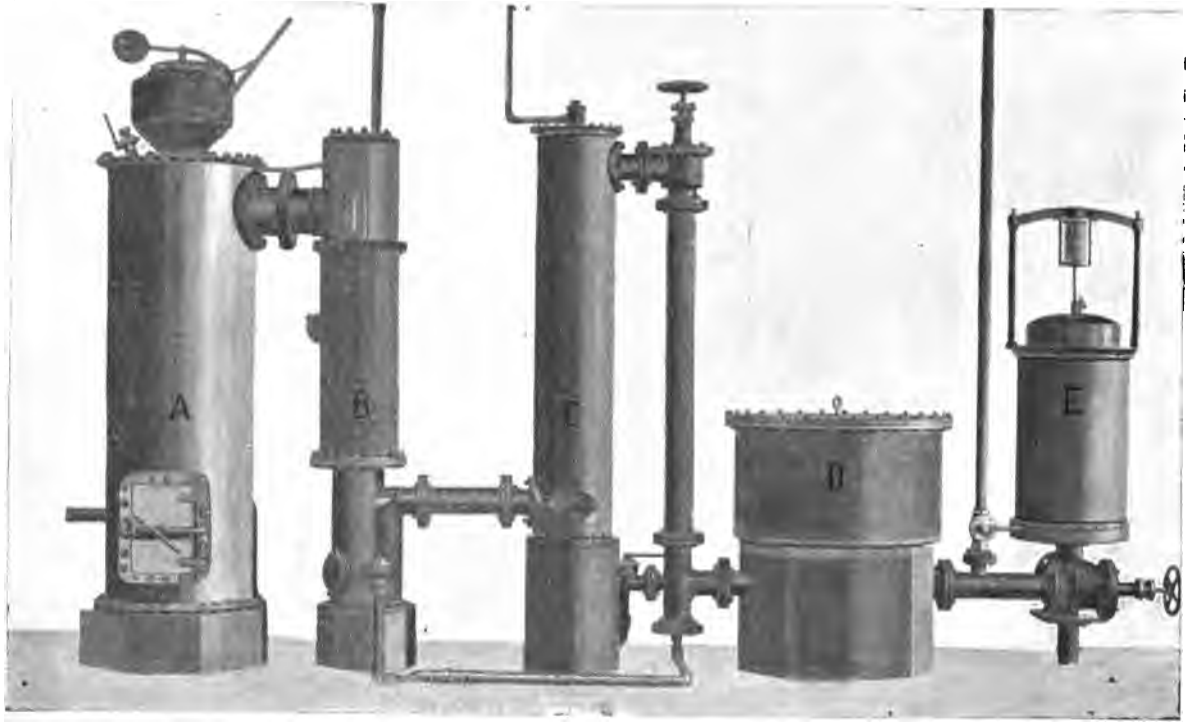


Fig. 48.

nicht so weit herunterfallen, daß er die Schneide v trifft und das Gasventil g öffnet. Es tritt also kein Gas in den Zylinder und findet somit auch keine Explosion statt. Durch Lockern der Feder kann man die Umdrehungszahl des Motors verringern, durch Anziehen vergrößern. An der Steuerwelle sitzt ferner eine Scheibe mit einem Nocken, durch den das Auslaßventil gesteuert wird. Die Zündung des Gasgemisches geschieht durch ein Glührörchen.

Die Firma baut auch Gaserzeuger für Sauggasanlagen und legt dabei einen besonders großen Wert auf die Gewinnung von reinem Kraftgas, um ein Verschmutzen der Ventile des Gasmotors und des Zylinders möglichst zu verhüten. Ihre Sauggasanlage besteht, wie Fig. 48 zeigt, aus einem Gaserzeuger A mit Fülltrichter, über dem ein Schornstein angebracht wird, ferner einem Verdampfer B zur Abkühlung des Gases und zur Erzeugung von Wasserdampf, der durch ein Rohr unter den Rost des Gaserzeugers geleitet wird. Die erforderliche Luft für den Gaserzeuger wird durch ein besonderes ins Freie gehendes Rohr unter den Rost geführt; hierdurch soll verhütet werden, daß, wenn im Gaserzeuger durch Stehenbleiben der Gasmotoren ein höherer Druck, als derjenige der Atmosphäre entsteht, das Gas nicht in den Aufstellungsraum eintreten kann. Von dem Verdampfer, welcher unten mit einem Wasserabschlußtopf versehen ist, treten die Gase von unten in den Skrubber C, der von oben mit Wasser berieselt wird. Die gereinigten und schon gekühlten Gase verlassen oben den Skrubber und gehen durch einen Luftkühler abwärts in den Reiniger D, in welchem sich 3 Roste befinden, die mit Sägespänen bedeckt sind. Das Gas tritt unter der Glocke, die durch einen Wasserverschluß gegen die Atmosphäre abgesperrt ist, ein, durchstreicht die Späne von oben, so daß diese nicht mitgerissen werden können, und geht dann in den Regler E, der dazu bestimmt ist, das Gas während der Saugperiode für den Gasmotor herzugeben, damit ein stets gleichbleibender Druck in der Gasleitung vorhanden ist. An dem unteren Teil des Verdampfers ist ferner noch ein Sicherheitsventil angebracht, das bei einer Drucksteigerung selbsttätig das Gas ins Freie austreten läßt.

Die Preise der Motoren und Sauggasanlagen gehen aus der folgenden Übersicht hervor:

Anzahl der Pferdestärken . . .	4	6	8	10	12	15
Preis für den Gasmotor . . ℳ	2150	2800	3150	3750	4000	4700
Preis für die Sauggasanlage mit Reiniger, Regler ꝛc. . . . . ℳ	2310	2310	2310	2535	2535	2535
zusammen ℳ	4460	5110	5460	6285	6585	7235

Die Betriebskosten lassen sich wie auf Seite 81 angegeben berechnen.

Von den bisher erwähnten Konstruktionen abweichend ist der Gasmotor „Gnom", welcher von der

Motorenfabrik Oberursel A.-G. Oberursel bei Frankfurt a. M und Berlin NW.

gebaut wird. Bei ihm liegt die Kurbelwelle unter dem Zylinder, der oben mit einem Ventilkopf versehen ist. Die sämtlichen bewegten Teile sind verdeckt angeordnet, so daß sie möglichst vor Beschädigungen von außen geschützt sind und durch sie Unfälle nicht herbeigeführt werden können, dafür sind sie aber beim Auftreten von Störungen schwer zugängig. In Fig. 49 ist ein solcher Gasmotor in der Ansicht und Fig. 50 im Schnitt dargestellt. Gas und Luft treten gemischt durch das selbsttätige Einlaßventil J in den Explosionsraum E ein, wenn sie durch den Kolben K, der sich in dem Zylinder C bewegt, und durch die Pleuelstange P, die mit der Kurbelwelle W verbunden ist, angesaugt werden. Nach der Kompression wird die Zündung durch ein Glührohr oder einen elektrischen Funken bei L bewirkt. Die verbrannten Gase treten durch das Ventil A, das durch die Feder f geschlossen und durch das Excenter S mit daran befindlicher Stange a geöffnet wird, ins Freie. Das Kühlwasser tritt unten in den Mantel des Zylinders ein und oben am Ventilkopf bei D wieder aus. Der Gasmotor ist mit einer Vorrichtung zum leichteren Anlassen derart versehen, daß, wenn man den Hebel i nach hinten dreht, die Kompression nicht in voller Höhe zu stande kommen kann, indem das Auslaßventil während eines Teiles dieser Periode geöffnet gehalten wird. Das Auslaßventil wird von einer sehr sinnreich konstruirten Vorrichtung bewegt, die aus dem Excenter S besteht, das mit sechs Schneckengängen auf dem Umfang versehen ist, die ein kleines Schneckenrad (in der Figur hinter

S liegend und daher nicht sichtbar) von doppelter Zähnezahl in die Hälfte der Umdrehungen der Kurbelwelle versetzen. Dieses hat eine senkrecht stehende Achse, und ist mit dem Gestell verbunden, so daß ein kleiner Nocken auf

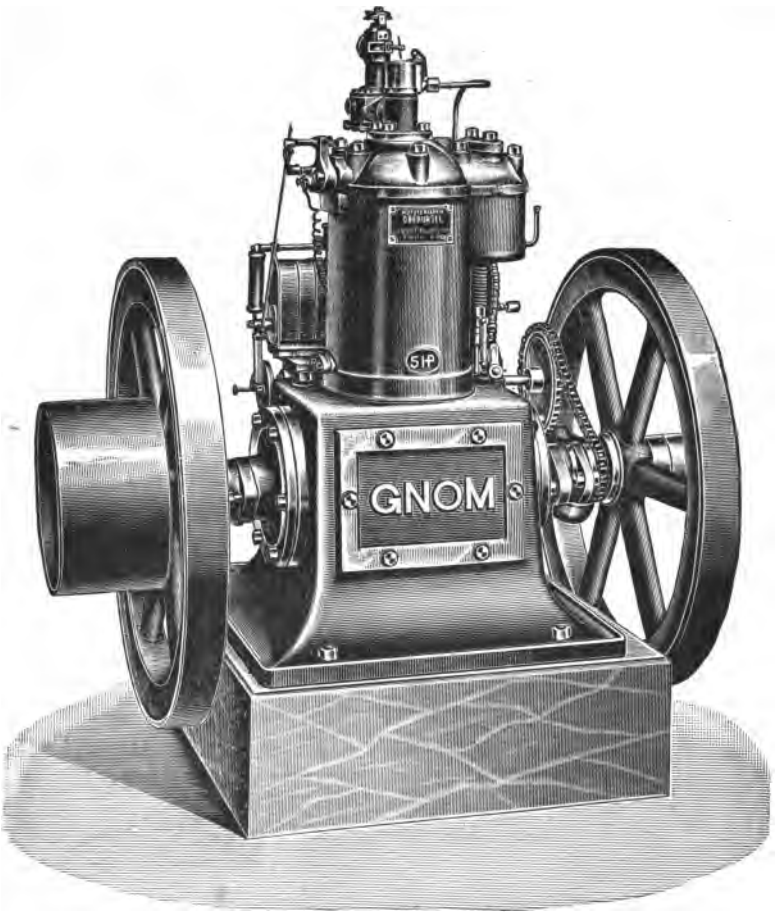


Fig. 49.

dieser Welle einen horizontal über dem Excenter gelagerten Schieber derart bewegt, daß das Auslaßventil durch ihn bei jeder zweiten Umdrehung der Kurbelwelle einmal angehoben wird. Die Regelung der Umdrehungszahl besorgt ein kleiner Schwungkugelregulator R auf der anderen Seite des

Kurbelzapfens. Die Schwungkugeln sind durch einen zweiarmigen Hebel an einem Ringe auf der Welle fest verbunden und verschieben bei ihrer Entfernung oder Annäherung durch einen kurzen Hebelarm einen losen

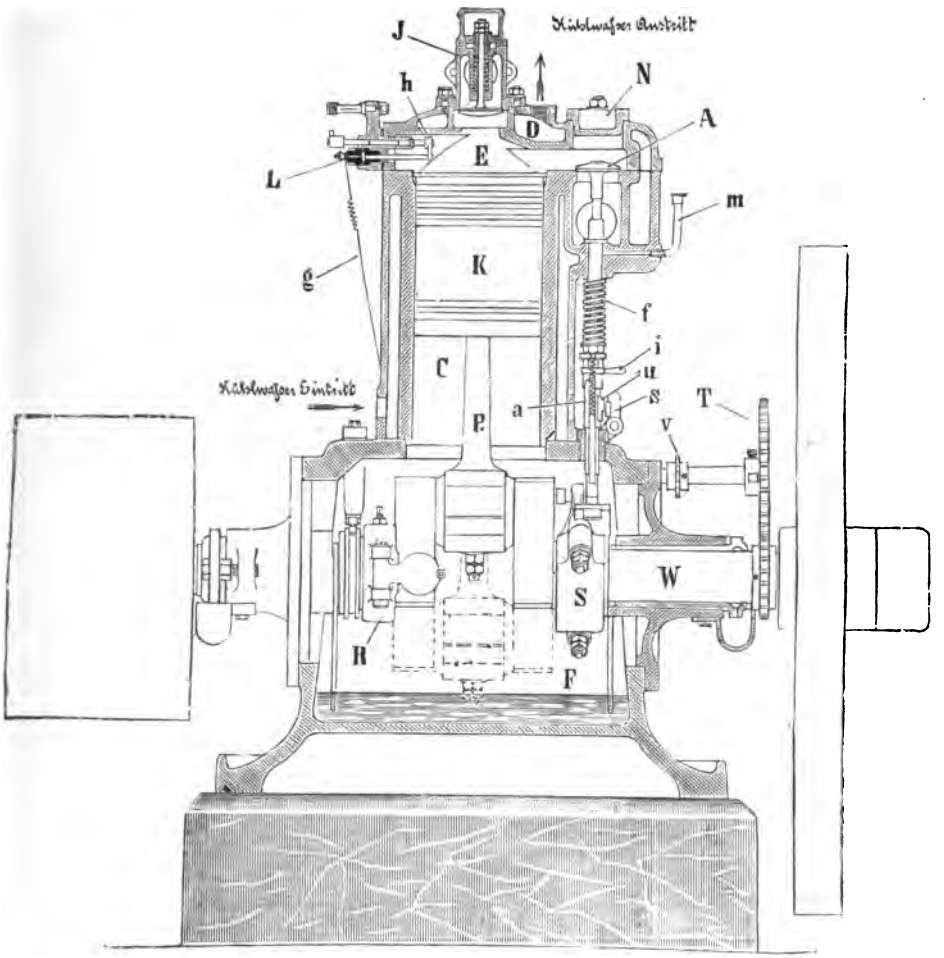


Fig. 50.

Ring mit einem Schlitz, durch den mittelst Stangenübertragung bei zu großer Umdrehungszahl das Auslaßventil am vollständigen Schließen verhindert wird, so daß der Motor die Verbrennungsgase wieder ansaugt; dadurch wird eine Explosion und erneute Arbeitszufuhr vermieden.

Die Preise dieser Motoren sind aus folgender Übersicht zu entnehmen:

Pferdestärken	1/2	1	2	3	4	5	6	8	10
Preis . ℳ	850	1150	1400	1750	2050	2275	2575	3150	3550

Die Betriebskosten lassen sich leicht ermitteln.

Ferner bauen noch Gasmotoren die folgenden Firmen, deren Konstruktionen hier aber nicht alle behandelt werden können. Mehr oder weniger treten bei ihnen die schon besprochenen Vorrichtungen neben besonderen Konstruktionseinzelheiten der einzelnen Fabriken wieder auf. Jeder, der die vorhergehenden Ausführungen verstanden hat, wird leicht den Bau dieser Motoren erfassen und die Betriebskosten hierfür ermitteln können. Die Firmen mögen hier alphabetisch aufgeführt werden.

1. Dresdener Gasmotorenfabrik A.-G., vormals Moritz Hille, Dresden-A.

baut stehende und liegende Motoren mit Glührohr- oder magnet-elektrischer Zündung.

2. Gasmotorenfabrik C. Schmitz, Köln-Ehrenfeld.

Diese Firma baut die Gasmotoren nach dem System Otto mit einigen Abänderungen. Sie stellt außerdem eine zweckmäßige Anlaßvorrichtung her. Diese besteht aus einem starken eisernen Kessel, in den der Motor beim Auslaufen Luft hineinpumpt. Beim Anlassen wird der Kolben der Gasmaschine ziemlich auf den toten Punkt gestellt und dann gepreßte Luft aus dem Gefäß hinter den Kolben gelassen, wodurch das Schwungrad in ziemlich schnelle Umdrehung versetzt wird. Dann werden Gas und Zündvorrichtung angestellt. Die Firma stellt auch Sauggasanlagen her.

3. Maschinenfabrik Kappel bei Chemnitz

fertigt stehende und liegende Gasmotoren.

Es ist schon früher (Seite 78) hervorgehoben, daß das Kraftgas bei der Verbrennung erheblich weniger Wärmeeinheiten erzeugt als das gewöhnliche Leuchtgas, es ist daher nicht zu empfehlen, einen bei Leuchtgasbetrieb schon stark beanspruchten Gasmotor in einen solchen für Kraftgas umzuwandeln, weil damit die Leistung auf etwa 2/3 herabsinken würde.

Im allgemeinen muß die Kompreſſion bei den Kraftgasmotoren höher als bei denjenigen mit Leuchtgas getrieben und deshalb der Exploſionsraum etwas verkleinert werden. Die Zündung wird faſt durchweg durch einen elektriſchen Funken bewirkt, weil das Glührohr bei dem geringen Gehalt des Kraftgaſes an leicht brennbaren Kohlenwaſſerſtoffen eine ſichere Entzündung nicht gewährleiſtet. Die Verbrennung des Kraftgaſes geht auch langſamer als Leuchtgas vor ſich, es ſteigt deshalb der Druck in dem Diagramm nicht ſo plötzlich, wie in Fig. 20 angegeben iſt, ſondern viel allmählicher. Mehrfach ſind Verſuche gemacht worden, an Stelle des Leuchtgaſes das Acetylengas zu verwenden; es iſt das ein Gas von der Zuſammenſetzung C_2H_2 (zwei Teile Kohlenſtoff ſind chemiſch verbunden mit 2 Teilen Waſſerſtoff), das dadurch gebildet wird, daß man Calciumcarbid (CaC_2) mit Waſſer in Berührung bringt. Die Entwickelung findet in folgender Weiſe ſtatt: $CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. Die Herſtellung iſt außerordentlich einfach. Dafür iſt das Gas ſelbſt aber ſehr gefährlich, weil es innerhalb weiter Grenzen mit der atmoſphäriſchen Luft ein exploſibles Gemiſch bildet. Nach den Verſuchen von Dr. Eitner explodiert ein Acetylen-Luftgemiſch, wenn es zwiſchen 3,5 und 52,2 % Acetylen enthält, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Acetylen mit Luft (feucht)

Temperatur 17 °. Waſſerdampf 1,9 %.

		Zuſammenſetzung der Miſchung Acetylen. Vol. %	Luft. Vol. %	Verſuchsergebnis
	1	3,0	97,0	keine Exploſion
Untere	2	3,2	96,8	
Grenze	3	3,5	96,5	Exploſionsbereich
Obere	5	52,2	47,8	
Grenze	6	52,4	47,6	keine Exploſion
	7	52,9	47,1	

Dieſe Reſultate gelten für gewöhnlichen Atmoſphärendruck in einem Gefäß von 110 ccm Inhalt und Zündung durch den Induktionsfunken.

Dr. Eitner weist aber zugleich darauf hin, daß die obere Grenze wesentliche Verschiebungen erleidet, wenn das Explosionsgefäß größer und die Temperatur höher wird; so explodiert noch ein Acetylen-Luftgemisch

von 60 % Acetylen in einem Gefäß von 400 ccm Inhalt
„ 70 % „ „ „ „ „ 1 l = 1000 ccm „
„ 75 % „ „ „ „ „ 2,5 l = 2500 ccm „

Da die Polizeibehörden vielfach besondere Sicherheitsvorschriften für Acetylengasanlagen erlassen haben und jetzt das billigere und viel gefahrlosere Kraftgas zur Verfügung steht, so ist kaum anzunehmen, das Acetylengas eine große Bedeutung für den Betrieb von Gasmotoren erlangen wird, obwohl es gerade wegen seines großen Explosionsbereiches eine gute Regelung durch Veränderung des Gasgemisches ermöglichen würde.

Für Kraftzwecke, Heizung und Beleuchtung soll sich auch das aus Solin dargestellte Aërogengas eignen; die Apparate dazu werden von der G. m. b. H. Aërogengas in Hannover geliefert.

b) Flüssige Brennstoffe.

§ 11.

Benzin-, Petroleum-, Spiritus- 2c. Motoren.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, daß zum Betriebe der Gasmotoren nur gasförmige Brennstoffe verwendet werden können, die aus chemischen Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff bestehen (Acetylen) oder aus einem Gemisch von chemischen Verbindungen zwischen dem Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt sind (Leuchtgas) oder ein Gemisch von Kohlenstoff mit Sauerstoff (Kohlenoxyd) nebst Wasserstoff und Stickstoff bilden (Kraftgas). Alle diese Brennstoffe sind von Natur gasförmig und brauchen deshalb nur mit Luft gemischt zu werden, um mit Heftigkeit zu verbrennen.

Es gibt aber auch Flüssigkeiten, die aus ähnlichen Stoffen bestehen und ebenfalls zur Krafterzeugung benutzt werden können. Sie haben den großen Vorteil, daß sie leicht in geeigneten Gefäßen von einem beliebigen Ort zur Verbrauchsstelle gebracht werden können, wozu bei dem jetzt am meisten benutzten Leuchtgas lange Rohrleitungen erforderlich sind, während bei dem bisher wenig gebrauchten Acetylen- und Kraftgas die Gewinnung an der Verbrauchsstelle stattfinden kann; sie haben aber den Nachteil, daß

sie sich im flüssigen Zustande nicht mit Luft in einer zur Verbrennung geeigneten Weise mischen. Es ist daher nötig, sie erst zu verdampfen (vergasen) oder fein zu zerstäuben, ehe sie in dem Motor ein explosibles Gemisch geben.

Die flüssigen Brennstoffe für den Motorbetrieb können gewonnen werden:

I. aus dem Erdöl, Steinöl oder Petroleum, das seit der Entdeckung der großen Lager in Pensylvanien 1859 eine außerordentliche Bedeutung erlangte. Es wird hauptsächlich außerdem noch gewonnen in Ohio und Indiana, in Baku am Südende des Kaukasus, am Kaspischen Meere, in Galizien, Rumänien und in geringeren Mengen im Elsaß. Es hat keine bestimmte chemische Zusammensetzung, sondern besteht aus einer großen Anzahl der verschiedenartigsten Kohlenwasserstoffverbindungen und hat deshalb auch nicht überall dasselbe spezifische Gewicht. Beispielsweise hat das pensylvanische Rohpetroleum ein spezifisches Gewicht = 0,79, das russische = 0,85 und das im Elsaß gewonnene sogar = 0,9.

Bisher nahm man an, daß das Erdöl aus Tierresten entstanden oder ein Destillationsprodukt aus den Pflanzen der Steinkohlenzeit, also organischen Ursprungs sei, beide Ansichten sind nach den neuesten Forschungen wenig zutreffend. Unsere bedeutendsten Chemiker halten vielmehr dafür, daß das Petroleum im Innern der Erde bei der Zersetzung von Metallkarbiden, namentlich von kohlenstoffhaltigen Eisenverbindungen durch Wasser oder Wasserdampf entstanden sei und somit einen anorganischen Ursprung habe. Eine gewisse Bestätigung hat diese Annahme dadurch erfahren, daß Sabatier unlängst der Pariser Akademie der Wissenschaften nachgewiesen hat, daß man durch Einwirkung von Acetylen und Wasserstoff auf Kobalt, Nickel oder Eisen in fein verteiltem Zustande je nach der angewendeten Temperatur und sonstigen Versuchsbedingungen Öle von den Eigenschaften des amerikanischen, russischen oder rumänischen Petroleums herstellen kann.

In den Raffinerien wird das rohe Erdöl, das aus einem Gemenge von verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen besteht, deren jede bei einer anderen hohen Temperatur gasförmig wird, in großen Gefäßen erwärmt, wobei dann zunächst diejenigen Verbindungen gasförmig werden, die schon bei niedriger Temperatur sieden. Diese Gase werden dann aufgefangen und abgekühlt, damit sie wieder flüssig werden. Auf diese Weise

kann man die leicht flüchtigen Verbindungen von den übrigen trennen. Erwärmt man die rohen Erdöle dann noch mehr, so destillieren die Verbindungen über, die erst bei höherer Temperatur flüchtig werden. Diese fängt man wieder besonders auf und kühlt sie ab, damit sie auch wieder flüssig werden, dann sind sie wieder von den leicht flüchtigen und den übrigen im Rohöl enthaltenen Verbindungen getrennt. Auf diese Weise zerlegt man in den Raffinerien durch fraktionierte Destillation gewöhnlich das Rohpetroleum in:

1. Benzine, das sind diejenigen Kohlenwasserstoffverbindungen, die bei einer Erwärmung des Rohöls bis 150° gasförmig werden;

2. das Brennpetroleum, das sind diejenigen Verbindungen, die zwischen 150° und 300° flüchtig werden; und

3. die Rückstände, die erst bei einer Temperatur über 300° sieden und gewöhnlich als Mineralöle bezeichnet werden.

Die verschiedenen Rohöle enthalten von diesen Körpern etwa folgende Mengen:

Rohöl von	spezifisches Gewicht	Benzin %	Brennöl %	Rückstand %
Pennsylvanien	0,79—0,82	10—20	55—75	10—20
Ohio	0,80—0,85	10—20	30—40	35—50
Baku	0,85—0,90	5	25—30	60—65
Galizien	0,82—0,88	5—20	35—50	30—45
Elsaß	0,9	0—5	25	65—75

Die auf diese Weise gewonnenen Benzine werden wieder destilliert, dabei entstehen etwa folgende Produkte:

a) Petroleumäther oder Gasolin, das bei 40—70° siedet und ein spezifisches Gewicht von 0,64—0,65 hat. Es verdunstet leicht und kann für den Betrieb von Motoren benutzt werden.

b) Benzin, das bei 70—120° siedet und ein spezifisches Gewicht von 0,7 hat. Es wird viel als Brennstoff für Motoren verwertet.

c) Ligroin, dessen Siedepunkt zwischen 120 und 135° liegt und dessen spezifisches Gewicht 0,73 beträgt. Es kann auch noch für Motoren verwendet werden.

d) Putzöl, Siedepunkt 130—160°, spezifisches Gewicht 0,74—0,75, wird in der Lack- und Firnisindustrie gebraucht.

II. aus Steinkohlenteer. Wenn man den Steinkohlenteer, der zum größten Teil als Nebenprodukt bei der Leuchtgasdarstellung gewonnen wird, einer fraktionierten Destillation unterzieht, so erhält man

1. Leichtöle, die bis etwa 170° übergehen und aus denen durch weitere Destillation gewonnen werden

a) Rohbenzol, Siedepunkt 70—140°. Es geht meistens in die Farbenfabriken, kann aber auch für Motoren benutzt werden.

b) Benzin, Siedepunkt 140—170°, auch Naphtha genannt. Es ist für Motoren verwendbar.

2. Mittelöle, deren Siedepunkt von 170—230° liegt. Aus ihnen wird Karbolsäure und Naphthalin gewonnen. Sie sind für Motoren nicht mehr verwendbar. Dasselbe gilt von den nun folgenden Produkten:

3. Schweröle, Siedepunkt 230—270°.

4. Anthracenöle, Siedepunkt über 270°, und

5. Pech als Rückstand.

III. aus Braunkohlenteer. Aus 100 kg Braunkohlen gewinnt man in guten Schweelzylindern bei der trockenen Destillation etwa 10 kg Teer. Dieser wird einer nochmaligen Destillation unterworfen, wodurch man

1. Leichte Rohöle erhält, bei deren Destillation man folgende Körper gewinnt:

a) Benzin, Benzolin oder Naphtha, deren Siedepunkt von 70—120° liegt und die ein spezifisches Gewicht von 0,7 haben. Zur Benutzung für Motoren geeignet.

b) Ligroin, Siedepunkt von 120—135°, spezifisches Gewicht = 0,73. Für Motoren verwendbar.

c) Solaröl, Siedepunkt 160—196°, spezifisches Gewicht 0,825—0,830. Es kann für Motoren noch benutzt werden.

d) Photogen oder Hydrokarbür, Siedepunkt von 100—262°, spezifisches Gewicht 0,80—0,81. Es wird gebildet aus einem Gemisch von Ölen, die ein spezifisches Gewicht von 0,76—0,865 haben. Für Motoren wird es zuweilen benutzt.

2. Paraffinmasse und
3. schwere Rohöle } nicht für Motoren verwendbar.

IV. aus den Gasen bei der Koksdarstellung. Diese Gase werden durch Palmkernöl, Leinöl oder dergleichen geleitet und von diesen zum Teil aufgenommen. Das auf diese Weise gesättigte Öl wird destilliert, wobei man Benzol, Toluol 2c. gewinnt, von denen das Benzol für Motoren verwendbar ist.

V. aus Getreide oder aus Kartoffeln. Aus ihnen wird in großer Menge Spiritus oder Äthylalkohol (C_2H_5OH) dargestellt, er siedet bei 78° und hat ein spezifisches Gewicht von 0,79—0,82, je nach dem Gehalt an Wasser.

Benzin, Ligroin, Naphtha und andere Petroleumdestillate unter 790 Dichtigkeitsgraden (spezifisches Gewicht unter 0,79) sind nach der Verordnung des Bundesrats vom 2. Dezember 1885 zollfrei, wenn sie unter Kontrolle zur Kraferzeugung benutzt werden. Der Preis für diese Flüssigkeiten ist in den letzten Jahren erheblich gestiegen, jetzt kosten 100 kg unverzollt etwa 35 ℳ und einen Zoll von 7,75 ℳ. Das Petroleum kostet etwa 20 ℳ für 100 kg und außerdem einen Zoll von 6 ℳ. Das Motorenpetroleum ist vom Zoll nicht befreit.

Beim Verbrennen liefert 1 kg Benzin etwa 10000—10400 WE und 1 kg Petroleum etwa 10000—11000 WE. Von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft wurde 1894 in Berlin für die Prüfung von Petroleummotoren Erdöl folgender Zusammensetzung benutzt.

Gehalt an	Petroleum	
	amerikanisches	russisches
Kohlenstoff . . . . %	84,54	85,52
Wasserstoff . . . . „	14,08	13,98
Sauerstoff . . . . „	1,38	0,50
1 kg liefert WE	10767	10878
Spezifisches Gewicht . . .	0,7971	0,8257
Entflammungspunkt . . .	25°	31,5°

Die Zentrale für Spiritus-Verwertung G. m. b. H. in Berlin verkauft 100 l denaturierten Spiritus vom 1. Januar 1902 ab zum Motorenbetrieb für 15 ℳ bei Abnahme von mindestens 5000 kg in den eigenen Gebinden des Käufers und für 16,50 ℳ beim Bezug einzelner Fässer.

In der Zeit vom 16. Mai bis 31. Oktober erhöht sich der Preis noch um 1 ℳ für 100 l.

Der Spiritus hat ein spezifisches Gewicht von 0,79—0,82. Nimmt man im Mittel 0,8 an, so wiegen 100 l = 80 kg und kosten 16 ℳ; demnach wäre der Preis für 100 kg = 20 ℳ. Beim Verbrennen liefert 1 kg etwa 7200 WE.

Die Motoren verbrauchen im Durchschnitt für die Nutzpferdestärke in der Stunde etwa 0,32 kg Benzin, 0,4 kg Petroleum und 0,42 kg Spiritus, somit ergiebt sich ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad

$$\text{Benzinmotor } g_w = \frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{0{,}32 \cdot 10200 \cdot 424} = 0{,}195$$

$$\text{Petroleummotor } g_w = \frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{0{,}4 \cdot 10700 \cdot 424} = 0{,}149$$

$$\text{Spiritusmotor } g_w = \frac{75 \cdot 60 \cdot 60}{0{,}42 \cdot 7200 \cdot 424} = 0{,}211$$

wenn 1 kg Benzin 10200 WE, 1 kg Petroleum 10700 WE und 1 kg Spiritus 7200 WE liefert. Der Spiritusmotor nutzt demnach die in ihm erzeugte Wärme am besten und der Petroleummotor am schlechtesten aus, alle übertreffen sie aber die kleinen Dampfmaschinen mit ihrem wirtschaftlichen Wirkungsgrad von 0,042 (Seite 30) und bleiben hinter dem der Gasmotoren mit 0,26 (Seite 53) erheblich zurück, wenn man die Gaserzeugung nicht berücksichtigt, weil das Leuchtgas fertig zum Gebrauch geliefert wird. Mit Einschluß der Gaserzeugung ist $g_w = 0{,}051$, also erheblich niedriger.

Die Motoren für die flüssigen Brennstoffe gleichen in ihrer Wirkungsweise und Konstruktion den Gasmotoren, nur müssen sie naturgemäß noch folgende Teile (vergl. S. 54) mehr enthalten:

a) einen Apparat, der den Brennstoff in der erforderlichen Menge zuführt, meistens eine kleine Pumpe und

b) einen Brennstoffzerstäuber oder Brennstoffverdampfer.

Auf der beigefügten Tafel ist ein Motor für flüssige Brennstoffe der

Gasmotorenfabrik Deutz in Cöln-Deutz

dargestellt. In Fig. 51 bezeichnet A den Zylinder, in dem sich der Arbeitskolben bewegt; w ist die Steuerwelle, von der aus durch Kegelräder der Regulator Y angetrieben wird. Beim Steigen der Kugeln wird der kurze Arm eines doppelarmigen Hebels angehoben, dessen längerer Arm eine

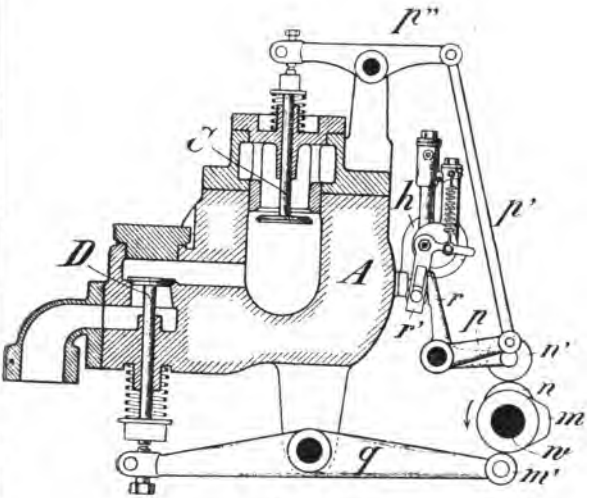


Fig. 53.

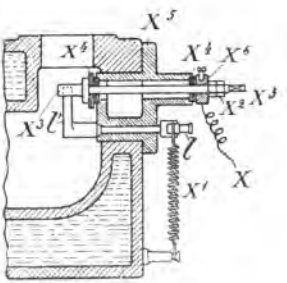


Fig. 54.

Hülse auf der Steuerwelle verschiebt, die mit dem konischen Nocken n versehen ist, von dem aus durch Rolle n' und Hebelübertragung p, p' und p'' (Fig. 52 u. 53) das Einlaßventil C bewegt wird. Zugleich wird durch Hebel r und r' eine kleine Pumpe h für den Brennstoff, der ihr aus dem Behälter J durch Rohr u zufließt, in Bewegung gesetzt, und etwas Brennstoff (Benzin, Petroleum, Spiritus) durch das Rohr u' mit der Einstellvorrichtung v, dem Zerstäuber g (Fig. 52) zugeführt. Aus diesem spritzt der Brennstoff während der zweiten Hälfte der Saugperiode fein zerstäubt hervor und wird zugleich mit der Luft, die durch e und f eintritt, kräftig gemischt, um durch O in den Zylinder einzutreten, an dessen heißen Wänden die Verdampfung stattfindet. Die verbrannten Gase treten durch das Auslaßventil D, das durch den Hebel q, Nocken m und Rolle m' von der Steuerwelle bewegt wird, in den Auspufftopf. Einige Fabriken wenden für diese Motoren die Glührohrzündung (Seite 55) an, die meisten aber sind wegen der Explosions- und Feuersgefahr, die mit der Verwendung der flüssigen Brennstoffe verbunden ist, dazu übergegangen, keine offene Flamme mehr zu verwenden. Sie benutzen deshalb die magnet-elektrische Zündung. Diese wird meistens nach den Angaben der elektrotechnischen Fabrik von R. Bosch in Stuttgart ausgeführt und besteht aus kräftigen Magnetstäben L (Fig. 51 u. 52), zwischen deren Schenkeln eine Drahtspule, die über einem I-Anker gewickelt ist, sich um einen Winkel von 50—60° drehen kann. Sobald die Spule durch das magnetische Feld zwischen den beiden Schenkeln bewegt wird, entsteht in dem Draht der Spule durch Induktion ein elektrischer Strom, der um so kräftiger ist, je schneller die Spule die magnetischen Kraftlinien schneidet (§ 12.) Es erhält deshalb der Anker durch gespannte Federn eine schnelle Bewegung in dem Augenblick, wenn das Gemisch im Zylinder entzündet werden muß; in demselben Augenblick muß aber auch der Stromkreis unterbrochen werden, damit der zündende Funke entstehen kann. Dies geschieht in folgender Weise. Von der Steuerwelle aus wird die Zündkurbelstange c (Fig. 52) so in Bewegung gesetzt, daß sie mit der Zunge c' den Hebel a des Ankers zur Seite drückt (nach links in Fig. 52), dadurch wird b zurückgedrückt und die Feder im Gehäuse d gespannt. Sobald die Zunge c' den Hebel a freigibt (im Moment der Zündung), schnellt der Anker durch die Federkraft zurück, in der Spule entsteht der elektrische Strom, der durch den Draht x dem isoliert gelagerten Zündstift x^3 (Fig. 54) zugeführt wird; an diesen lehnt sich

der Zündhebel l' im Zylinderinnern, der durch die Spiralfeder x' stets zum Anliegen an den Zündstift gebracht wird, so daß der Strom durch das Maschinengestell zurückfließen kann. Erhält aber beim Zurückschnellen des Hebels b und der Stange b' der Hebel l einen kleinen Stoß, so wird der Hebel l' vom Zündstift x^3 getrennt, es tritt dann eine Stromunterbrechung und damit die Funkenbildung ein. Infolge der Verbindung der Stange b' für die Stromunterbrechung mit dem Hebel b tritt die Unterbrechung in demselben Augenblick ein, in dem der starke elektrische Strom entsteht.

In den Figuren ist noch mit U der Zünder mit den Flanschen x^5 bezeichnet, den man nach Lösen der Schrauben herausnehmen kann. x^4 sind Glimmerscheiben zur Isolierung des Zündstiftes. Damit kein Condenswasser in die Bohrung eindringen und die Isolierung stören kann, müssen die Glimmerscheiben stets fest anliegen, und sind nötigenfalls durch Anziehen der Mutter x^2 zum Anliegen zu bringen.

Die Regulierung der Geschwindigkeit geschieht durch Änderung der Ladungsmenge unter Aufrechterhaltung des Mischungsverhältnisses zwischen Brennstoff und Luft. Ist die festgesetzte Umdrehungszahl überschritten, so kommt durch die Einwirkung des Regulators ein niedrigerer Teil des Nockens n mit der Rolle n' in Berührung, wodurch das Einströmventil C weniger geöffnet und zugleich der Hub der Brennstoffpumpe verkleinert wird.

Wenn ein solcher Motor mit Petroleum oder Spiritus betrieben werden soll, so muß man ihn zunächst mit Benzin in Gang setzen; zu diesem Zweck befindet sich über dem Einströmventil eine Schale, in die man Benzin füllt. Nach einigen Umdrehungen kann dann die Brennstoffpumpe angesetzt werden.

Fig. 55 zeigt einen solchen Motor für flüssige Brennstoffe in liegender Anordnung Modell E_4V mit Brennstoffpumpe. Für Benzin wird er auch ohne letztere nur mit einem Zerstäubungsvergaser gebaut.

Eine zweckmäßige Aufstellung eines Benzinmotors ist in den Fig. 56 u. 57 dargestellt. Aus dem Benzinfaß wird durch eine Flügelpumpe das Benzin in den Behälter für den Motor gepumpt, der zweckmäßig in dem besonderen Gebäude für das Benzin untergebracht wird. Dieser Raum muß am Fußboden einen so großen, dichten Behälter haben, daß er alles Benzin beim Leckwerden der Fässer aufnehmen kann, damit nichts aus dem Gebäude austritt. Überdies muß der Raum durch ein Rohr, das

beinahe bis auf den Boden reicht (die Benzindämpfe sind schwerer als atmosphärische Luft), gut entlüftet werden, damit in ihm kein explosibles Gemisch entsteht. Es ist wohl als selbstverständlich anzusehen, daß ein solcher Raum nicht mit offenem Licht oder brennender Zigarre u. s. w. betreten werden darf.

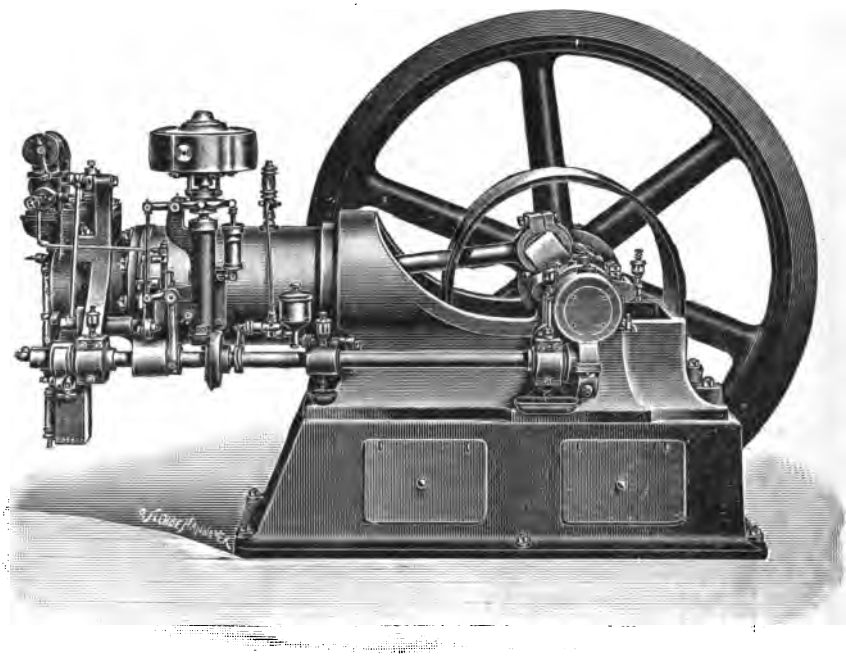


Fig. 55.

In Fig. 57 ist dargestellt worden, wie ein Benzinmotor seinen Brennstoff aus einem besonderen zylindrischen Gefäß, Karburator genannt, entnimmt. Das Gefäß ist zum Teil mit Benzin gefüllt; über der Flüssigkeit befindet sich atmosphärische Luft, die mit Benzindämpfen gemischt ist. Während der Saugeperiode entnimmt der Motor von diesem Gemisch. dadurch entsteht in dem Karburator ein luftverdünnter Raum und die äußere atmotphärische Luft tritt durch Klappen, die sich in dem nach rechts gebogenen Rohr (vergl. obere Figur) auf dem Karburator befinden, in die Flüssigkeit in feiner Verteilung ein, dringt durch sie hindurch in den

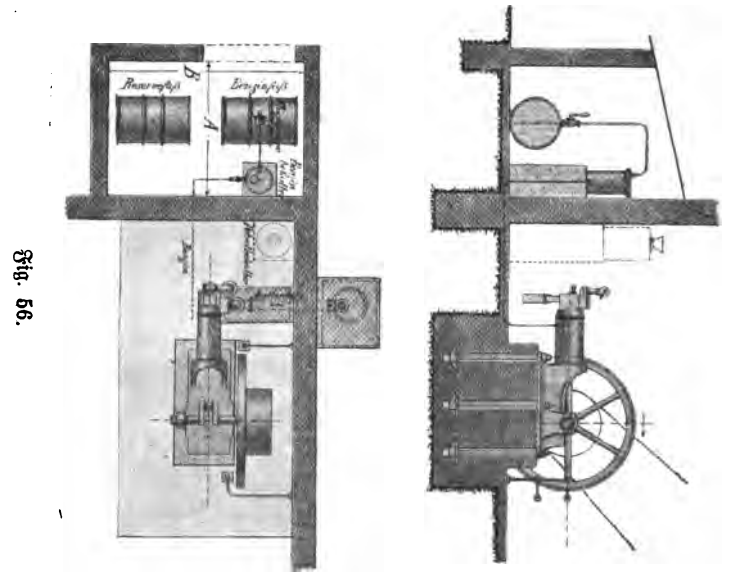


Fig. 56.

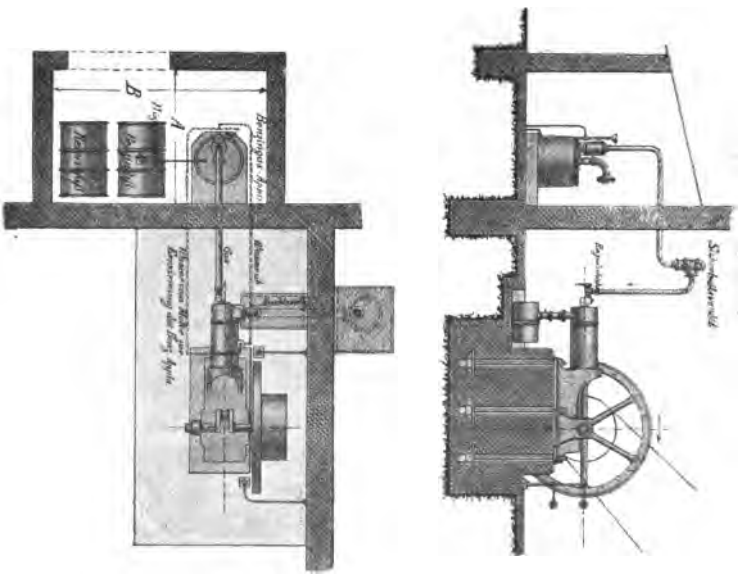


Fig. 57.

oberen Raum des Gefäßes und nimmt dabei Benzindämpfe auf, so daß ein explosibles Gemisch entsteht.

Die Betriebskosten für einen Benzinmotor gehen aus folgender Übersicht hervor:

Anzahl der Pferdestärken	2	3	4	6
Preis ℳ	1700	2100	2450	3200
1. Amortisation, Betriebsdauer 15 Jahre . .	ℳ $\frac{1700}{15} = 113{,}34$	ℳ $\frac{2100}{15} = 140{,}00$	ℳ $\frac{2450}{15} = 163{,}34$	ℳ $\frac{3200}{15} = 213{,}34$
2. Verzinsung 5% . . .	$\frac{1700}{100} \cdot 5$ = 85,00	$\frac{2100}{100} \cdot 5$ = 105,00	$\frac{2450}{100} \cdot 5$ = 122,50	$\frac{3200}{100} \cdot 5$ = 160,00
3. Reparaturen ꝛc.	= 75,00	= 85,00	= 95,00	= 105,00
4. Schmiermaterial ꝛc.	= 135,00	= 150,00	= 165,00	= 185,00
5. Kühlwasser 1 cbm = 12 Pf.	= 80,00	= 45,00	= 60,00	= 80,00
Zusammen	488,34	525,00	605,84	748,34
6. Kosten für das Benzin. 100 kg = 85 ℳ unverzollt . .	2 . 0,35 . 3000 . 0,35 = 735,00	3 . 0,34 . 3000 . 0,35 = 1071,00	4 . 0,33 . 3000 . 0,35 = 1386,00	6 . 0,31 . 3000 . 0,35 = 1953,00
Zusammen ℳ	1173,34	1596,00	1991,84	2696,34

Demnach kostet 1 Pferdekraft in 1 Stunde bei unverzolltem Benzin:

1. beim 2 pferdigen Motor = $\frac{1173{,}34}{3000 \cdot 2}$ = 19,6 Pfennig
2. „ 3 „ „ = $\frac{1596{,}00}{3000 \cdot 3}$ = 17,7 „
3. „ 4 „ „ = $\frac{1991{,}84}{3000 \cdot 4}$ = 16,6 „
4. „ 6 „ „ = $\frac{2696{,}34}{3000 \cdot 6}$ = 15,0 „

Muß aber das Benzin verzollt werden, so erhöhen sich die Kosten für 100 kg um 7,75 Mk. Die Betriebskosten sind für diesen Fall nach den obigen Ausführungen leicht zu berechnen.

Die Betriebskosten für einen Petroleummotor stellen sich unter 1—5 wie in der vorstehenden Übersicht, sie berechnen sich daher wie folgt:

Anzahl der Pferdestärken	2	3	4	6
1—5. Summe der Kosten . . .	ℳ 438,34	ℳ 525,00	ℳ 605,84	ℳ 743,34
6. Kosten für das Petroleum 100 kg = 26 ℳ .	2.0,42.3000.0,26 = 655,20	3.0,41.3000.0,26 = 959,40	4.0,40.3000.0,26 = 1248,00	6.0,38.3000.0,26 = 1778,40
Zusammen ℳ	1093,54	1484,40	1853,84	2521,74

Demnach kostet 1 Pferdekraft in 1 Stunde bei Petroleum:

1. beim 2pferdigen Motor $= \frac{1093,54}{3000 \cdot 2} = 18,2$ Pfennig
2. „ 3 „ „ $= \frac{1484,40}{3000 \cdot 3} = 16,5$ „
3. „ 4 „ „ $= \frac{1853,84}{3000 \cdot 4} = 15,4$ „
4. „ 6 „ „ $= \frac{2521,74}{3000 \cdot 6} = 14,1$ „

Bei den Betriebskosten für einen Spiritusmotor bleiben die Kosten unter 1—5 wieder dieselben, nur 6 ändert sich wie folgt:

Anzahl der Pferdestärken	2	3	4	6
1—5. Summe der Kosten . . .	ℳ 488,34	ℳ 525,00	ℳ 605,84	ℳ 743,34
6. Kosten für den Spiritus 100 kg = 20 ℳ .	2.0,45.3000.0,2 = 540,00	3.0,44.3000.0,2 = 792,00	4.0,48.3000.0,2 = 1082,00	6.0,42.3000.0,2 = 1512,00
Zusammen ℳ	978,34	1317,00	1687,84	2255,34

Demnach kostet 1 Pferdekraft in 1 Stunde:

1. beim 2 pferdigen Motor $= \frac{978{,}34}{3000 \cdot 2} = 16{,}3$ Pfennig
2. „ 3 „ „ $= \frac{1317{,}00}{3000 \cdot 3} = 14{,}6$ „
3. „ 4 „ „ $= \frac{1637{,}84}{3000 \cdot 4} = 13{,}7$ „
4. „ 6 „ „ $= \frac{2255{,}34}{3000 \cdot 6} = 12{,}5$ „

Da die Betriebskosten der Sauggasmotoren ganz erheblich niedriger sind, so ist wohl anzunehmen, daß die Motoren für flüssige Brennstoffe schnell an Bedeutung verlieren, zumal ihnen zum Teil ein Geruch anhaftet, der sie für viele Betriebe, wie Molkereien, Schlächtereien 2c., ungeeignet macht.

Die Firma

Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover

baut Motoren für Gas, Benzin, Petroleum und Spiritus mit Präzisionssteuerung und Glühzündung in ganz ähnlicher Weise wie die Seite 82 behandelten Gasmotoren in folgenden Größen:

Anzahl der Pferdestärken . .	1/4	1/2	1	2	3	4	5
Preis für Gas . . . ℳ	775	900	1050	1350	1600	1800	2000
Preis für flüssige Brennstoffe . . . . . ℳ	920	1025	1150	1450	1700	1900	2150

ferner Motoren für Benzin, Benzol, Ligroin und Gasolin mit elektrischer Zündung, bei denen der Brennstoff fein zerstäubt wird und sich dann mit der atmosphärischen Luft mischt, in folgenden Größen:

Pferdestärken	2	3	4	6	8	10	12
Preis . . . . . ℳ	2265	2465	2800	3100	3700	4000	4850

Die Betriebskosten für diese Motoren lassen sich nach den früheren Ausführungen leicht berechnen.

Die Dürr-Motoren-Gesellschaft m. b. H., Berlin SW. baut Motoren für flüssige Brennstoffe, bei denen die Vergasung oder Verdampfung nicht im Zylinder, sondern in einem besonderen in Fig. 58 dargestellten Apparat stattfindet. Während der Saugperiode wird in dem Mischapparat Brennstoff und Luft gemischt und durch einen zylindrischen Körper gesaugt, der durch die Auspuffgase geheizt wird. An seinen heißen Wandungen tritt dann die Verdampfung ein. Dieser patentierte Apparat

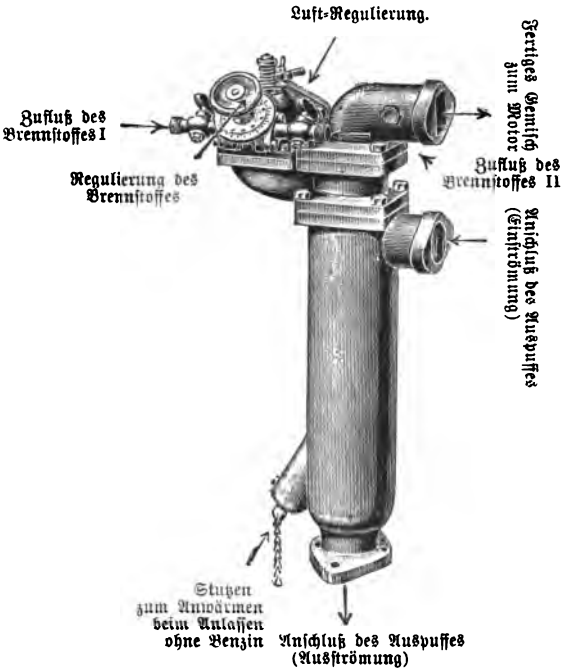


Fig. 58.

soll eine besonders vollkommene Verbrennung bewirken und deshalb den Bedarf an Brennstoff gering halten; ferner soll er den Zylinder möglichst vor Verschmutzung schützen. Er ist verwendbar für alle flüssigen Brennstoffe und kann an jedem Motor angebracht werden.

Da beim Anlassen des Motors der Verdampfer noch nicht warm sein kann, so muß er entweder vorher angewärmt werden oder der Motor ist so lange mit Benzin zu betreiben, bis eine Verdampfung in ihm stattfinden kann.

Diese Apparate können auch an Gasmotoren angebracht werden und sollen dann eine besonders gute Mischung zwischen Luft und Gas bewirken.

Die

Dresdener Gasmotorenfabrik vorm. Moritz Hille A.-G.
in Dresden-A.

baut Petroleummotoren, bei denen das Petroleum in einen besonderen Raum eingespritzt wird, in dem es sich mit der Luft mischt und dann an den Wänden eines geheizten Verdampfers noch verdampft wird, bevor es in den Zylinder eintreten kann. Diese Motoren haben Glührohrzündung. Die Flamme zur Erwärmung des Zündrohrs heizt zugleich den Verdampfer. Ferner baut sie patentierte Naphthamotoren und Benzinmotoren, bei denen die Luft durch das in einem besonderen Gefäß (Karburator) enthaltene Benzin hindurch gesaugt wird und sich dabei mit Benzindämpfen füllt.

Motoren, die teils den Gasmotoren sehr ähnlich sind, teils hier nicht ausführlich besprochen werden können, bauen noch, bezw. liefern:

1. Paul Behrens, Magdeburg, liefert die Excelsior- und Prießmann-Motoren.

2. Benz & Co., Rheinische Gasmotorenfabrik A.-G., Mannheim.

3. Gasmotorenfabrik C. Schmitz, Cöln-Ehrenfeld. System Otto.

4. J. M. Grob & Co., Leipzig-Eutritzsch.

5. Maschinenfabrik Kappel bei Chemnitz.

6. Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft vorm. Ph. Swiderski in Leipzig-Plagwitz.

7. Motorenfabrik Oberursel A.-G. zu Oberursel bei Frankfurt a. M. Die Anordnung gleicht den Gasmotoren. (Vergl. Seite 91.)

8. Motorfahrzeug- und Motorenfabrik, Berlin, A.-G. vorm. Ad. Altmann & Co. G. m. b. H., Marienfelde bei Berlin.

9. Motorenfabrik Werdau A.-G. zu Werdau i. S. Verwendet bei Benzinmotoren einen Karburator.

10. Fr. Seck in München.

11. F. Zimmermann & Co. A.-G., Fabrik landwirtschaftlicher Maschinen in Halle a. d. S.

u. s. w.

§ 12.

Elektrische Kraftmaschinen.

Schon auf Seite 17 wurde erwähnt, daß sich die mechanische Energie in elektrische umformen lasse. Diese hat in den letzten Jahren eine sehr ausgedehnte Anwendung in der Praxis gefunden, weil sie nicht nur leicht von der Erzeugungsstelle an den Verbrauchsort fortgeleitet werden kann, sondern sich auch gut wieder in mechanische Energie zurückverwandeln oder in Licht-, Wärme- und chemische Energie umformen läßt.

Die Maschinen, welche dazu dienen, mechanische Energie in elektrische umzuwandeln, heißen Dynamomaschinen (Stromerzeuger, primäre Maschinen), und diejenigen, welche die elektrische Energie wieder in mechanische zurückverwandeln, Elektromotoren (Stromverbraucher, sekundäre Maschinen). Zwischen beiden Maschinen muß ein Körper vorhanden sein, der die Elektrizität von der stromerzeugenden zu der stromverbrauchenden Maschine hinführt. Diese Leitung geschieht durch einen Metalldraht aus Kupfer oder Eisen. Wird der elektrische Strom an viele Verbrauchsstellen geführt, so spricht man von einem Leitungsnetz.

Obwohl man bis jetzt noch nicht vollständig aufgeklärt hat, was eigentlich die Elektrizität ist, so kennt man doch einzelne ihrer Eigenschaften, die hier kurz angegeben werden sollen, soweit sie zum Verständnis der Elektromotoren erforderlich sind. Hierhin gehören zunächst die Beziehungen zwischen Elektrizität und Magnetismus.

Taucht man einen geraden magnetischen Stab in feine Eisenfeilspäne, so bleiben sie an seinen beiden Enden, den Polen, haften. Wird ein solcher Stab frei beweglich und horizontal aufgehängt, so zeigt der eine Pol stets nach Norden, der andere nach Süden; man nennt daher den ersteren, den Nordpol N und den letzteren, den Südpol S des Magneten. Wenn man einen geraden, stabförmigen Magneten hufeisenförmig biegt und über die beiden Pole N und S eine mit feinen Eisenfeilspänen bestreute Glasplatte legt, so ordnen sich die Eisenspäne in bestimmten, gebogenen Linien, sobald die Platte durch Klopfen leicht erschüttert wird. (Fig. 59.) Es muß somit in der Richtung dieser Linien eine Kraftwirkung stattfinden, man nennt daher diese Linien **Kraftlinien** und den Raum, über den sich eine solche Kraftwirkung erstreckt, das **magnetische Feld**.

Durch Verſuche iſt ferner ermittelt worden, daß gleichnamige Magnetpole einander abſtoßen und ungleichnamige einander anziehen. Werden daher nicht, wie ſoeben angenommen, verſchiedene, ſondern zwei gleichnamige Pole, z. B. zwei Nordpole, einander genähert, ſo vereinigen ſich

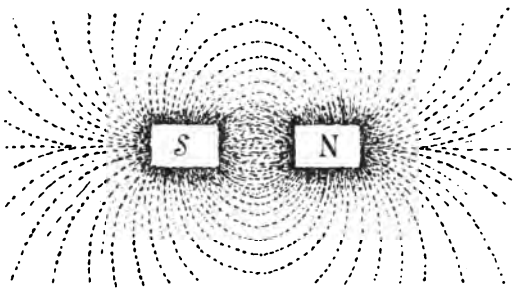


Fig. 59.

die Kraftlinien nicht, ſondern ſtoßen ſich ab, wie das in Fig. 60 dargeſtellt iſt.

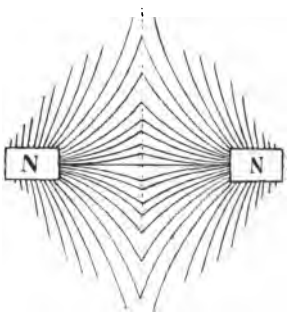


Fig. 60.

Während einzelne Körper den ihnen mitgeteilten Magnetismus ſehr leicht wieder abgeben, wie das beim weichen Eiſen der Fall iſt, behalten andere, wie der Stahl, ihn dauernd, ſie werden daher Dauermagnete genannt. Ihre Kraft iſt aber zu ſchwach, um ſie in der Technik praktiſch für motoriſche Zwecke verwerten zu können. Starke Magnete werden mit Hilfe des elektriſchen Stromes erzeugt, der unmagnetiſches Eiſen magnetiſch macht. Wird nämlich ein elektriſcher Strom ſpiralförmig um einen Stab weichen Eiſens herumgeführt, ſo wird dieſer magnetiſch und bleibt es, ſolange der elektriſche Strom ihn umkreiſt; auf dieſe Weiſe erhält man einen Elektromagneten. Es liegt nun auf der Hand, daß der Magnetismus um ſo ſtärker wird, je mehr Drahtwindungen den Stab umgeben, durch die der elektriſche Strom fließt, und je ſtärker der elektriſche Strom ſelbſt iſt.

Je nachdem der Strom in der einen (positiven, +)*) oder in der anderen (negativen, —) Richtung den Stab umkreist, entsteht an dem Stabende ein Nord- oder ein Südpol. Hierfür gilt die von Ampère aufgestellte Regel, welche sagt, daß, wenn man sich mit dem positiven Strome schwimmend, dem Magneten das Gesicht zugekehrt, denkt, man stets zur linken Hand einen Nordpol hat. Eine Änderung der Stromrichtung hat natürlich auch eine Umkehr des Magnetismus vom Nord- zum Süd- oder vom Süd- zum Nordmagnetismus zur Folge.

Wird nun ein elektrischer Strom in einer Spirallinie um einen hufeisenförmig gebogenen Eisenstab geschickt, so muß bei gleichbleibender Windung der Spirale nach der eben erwähnten Ampère'schen Regel der eine Schenkel ein Nordpol, der andere ein Südpol werden; zwischen den Polen müssen die schon erwähnten und in Fig. 59 angegebenen Kraftlinien auftreten, es ist also auch ein magnetisches Feld vorhanden, dessen Stärke innerhalb gewisser Grenzen um so größer ist, je mehr Drahtwindungen um die Schenkel gewickelt sind, je stärker der elektrische Strom in den Drahtwindungen ist und je kleiner der Raum wird, in dem die Kraftlinien zusammengezogen sind. Die Luft setzt dem Durchgang der Kraftlinien einen gewissen Widerstand entgegen, der die Zerstreuung der Kraftlinienbündel zur Folge hat. Man füllt daher den Luftraum mit weichem Eisen aus, das die Eigenschaft besitzt, magnetische Kraftlinien in sich zusammenzuziehen und gut zu leiten. Bekanntlich wird zur Erhaltung der Kraft eines Hufeisenmagneten vor die beiden Enden ein Stück Eisen gelegt, das lediglich die Kraftlinien, die sich sonst in der Luft zerstreuen und zum Nachteile des Magneten verlieren, zusammenhalten soll, um dadurch die Kraft des Magneten zu erhalten. Das den Luftraum zwischen den Schenkeln ausfüllende Eisenstück wird durch die Nähe der Pole selbst magnetisch und trägt zur Erhöhung der Stärke des magnetischen Feldes bei.

*) Man ist übereingekommen, eine durch Reiben mit Pelz elektrisch gewordene Siegellackstange als negativ und eine solche Glasstange als positiv elektrisch zu bezeichnen. Der elektrische Strom geht von der Erzeugungsstelle aus durch einen Leiter und kehrt zur Erzeugungsstelle zurück, die einen negativen und einen positiven Pol hat. Man ist nun übereingekommen, den elektrischen Strom in dem geschlossenen Stromkreis vom positiven zum negativen Pol fließend anzunehmen und damit die Stromrichtung festzulegen.

Es muß hier noch erwähnt werden, daß, wenn man einen Metalldraht in der Längsrichtung über eine Magnetnadel legt, ohne sie zu berühren und durch den Draht einen elektrischen Strom sendet, der Nordpol der Magnetnadel nach links ausschlägt, falls der Strom in der Richtung vom Südpol zum Nordpol über die Magnetnadel hinwegfließt

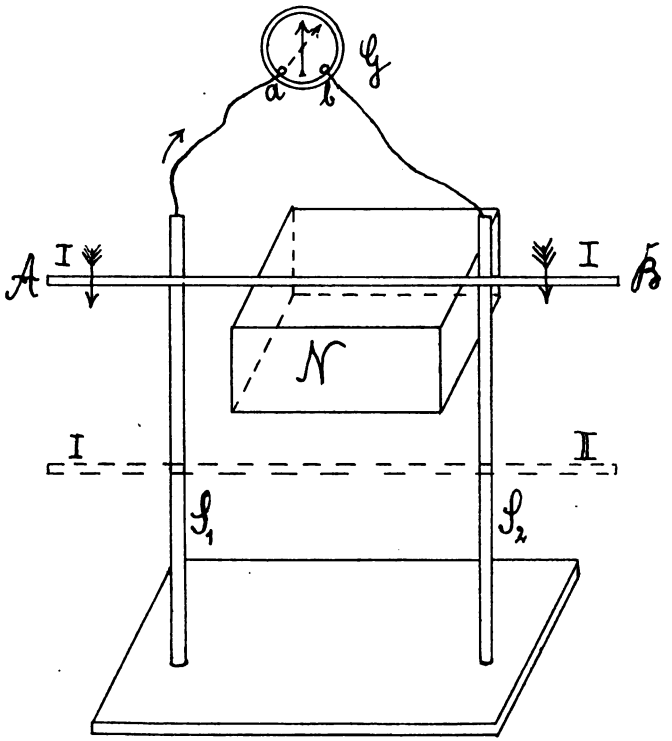


Fig. 61.

und umgekehrt. Innerhalb gewisser Grenzen ist der Ausschlag der Nadel abhängig von der Stärke des elektrischen Stromes, so daß man hierdurch in der Lage ist, die Stärke des Stromes durch die Größe des Ausschlags der Magnetnadel zu messen. Man nennt solche Meßinstrumente für schwache Ströme Galvanometer.

Wie man imstande ist, durch einen elektrischen Strom Magnetismus zu erzeugen, so kann man auch umgekehrt durch Magnetismus elektrische

Ströme hervorbringen. Bewegt man nämlich einen gutleitenden Draht, z. B. einen Kupferdraht AB. (Fig. 61), vor dem Nordpol N eines Magneten vorbei, so daß der Draht durch die Kraftlinien des magnetischen Feldes hindurchgeht, dann entsteht jedesmal ein elektrischer Stromimpuls, wenn eine Kraftlinie geschnitten wird. Die Richtung des Stromes ist abhängig von dem Magnetismus (Nord- oder Südpol) und der Bewegungsrichtung des Stabes AB (auf- oder abwärts). Das mit G bezeichnete Galvanometer ist so eingerichtet, daß der Zeiger nach rechts ausschlägt, wenn der elektrische Strom bei a und nach links, wenn er bei b eintritt. Sobald nun der Stab AB schnell aus der ausgezogenen Lage I in die punktierte Lage II unter steter Berührung mit den kupfernen Säulen S_1 und S_2 gebracht wird, sieht man den Zeiger des Galvanometers nach rechts ausschlagen; es trat also ein elektrischer Impuls (positiver Strom) bei a ein. Bei der Aufwärtsbewegung des Stabes AB von II nach I schlägt das Galvanometer nach links aus, es ist also ein Impuls in entgegengesetzter Richtung bei b eingetreten (negativer Strom). Wird der Stab nicht vor dem Nord-, sondern vor dem Südpol eines Magneten vorbeibewegt, so sind die Stromrichtungen genau umgekehrt, indem das Galvanometer bei der Abwärtsbewegung nach links und bei der Aufwärtsbewegung nach rechts ausschlägt. Wenn nun der Stab die Kraftlinien nicht vorübergehend, sondern andauernd in derselben Richtung schneidet, so muß auch statt des kurzen elektrischen Impulses ein ununterbrochener elektrischer Strom von gleicher Richtung entstehen. Damit hätte man eine stromerzeugende Maschine im Prinzip konstruiert. Die praktische Ausführung ist nicht so einfach, weil ein Stab in Wirklichkeit nicht stets geradlinig an dem Magneten vorbeigeführt werden kann. Man muß vielmehr zu einer drehenden Bewegung übergehen und dann gestalten sich die Verhältnisse wie sie in Fig. 62 angegeben sind.

An die Stelle des geraden Stabes AB ist ein doppelt gelagerter, drehbarer Rahmen EFGH getreten, der mit einem Draht D mehrfach umwickelt ist. Das eine Ende des Drahtes ist mit der gutleitenden, isoliert angebrachten Rolle r und das andere mit der Rolle r_1 verbunden, von denen der Strom durch Schleiffedern s und s_1 und die Leitungen L in das Galvanometer eintreten kann. Wenn nun der Rahmen in der Richtung des gefiederten Pfeiles an dem Magnetpol N schnell vorbeigeführt wird, so müssen die magnetischen Kraftlinien geschnitten werden und es

entsteht in dem Draht ein elektrischer Strom, der in der Richtung der ungefiederten Pfeile fließt, also das Galvanometer nach links ausschlagen läßt. In dem Draht auf dem Rahmenstück FE fließt der Strom von F nach E, in dem Stück EG von E nach G und in dem Stück GH von G nach H u. s. w. Kommt nun aber das Rahmenstück GH selbst in das magnetische Feld des Nordpoles, so entsteht in dem Draht über GH ein Strom, der von H nach G, also umgekehrt wie vorher fließt, wie es das Galvanometer durch Ausschlag nach rechts anzeigt. So wechselt bei

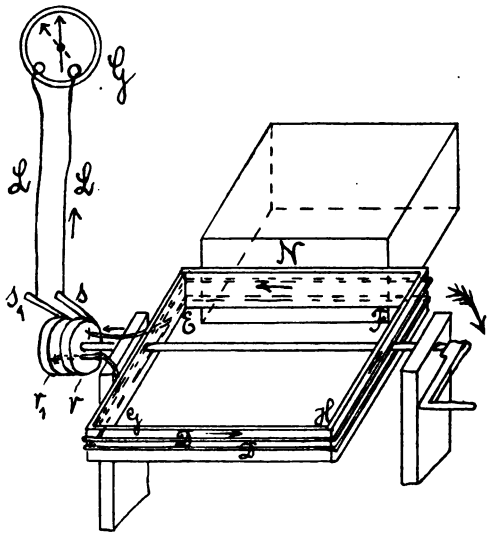


Fig. 62.

jeder Umdrehung des Rahmens der Strom zweimal seine Richtung, es ist also ein elektrischer Strom von wechselnder Richtung, ein Wechselstrom, entstanden.

Wenn der Rahmen senkrecht steht, werden keine Kraftlinien von dem Draht D geschnitten, es kann also auch kein Strom entstehen. Je mehr der Rahmen sich nun dem Magneten nähert, um so mehr Kraftlinien werden getroffen und um so stärker wird der Strom, bis er seine größte Stärke bei einer Drehung um 90° (wagerechte Lage, Fig. 62) erlangt hat Bei der weiteren Drehung des Rahmens schneidet der Leiter wieder weniger Kraftlinien, die Stromstärke nimmt ab, bis sie bei einer Drehung

des Rahmens um 180° (senkrechte Stellung) wieder Null wird. Bei der weiteren Drehung um nochmals 180° nimmt der elektrische Strom genau in derselben Weise an Stärke zu und ab, ist aber von entgegengesetzter Richtung wie vorher.

Wenn man den Kreisumfang, den der Leiter auf dem Rahmen bei einer Umdrehung beschreibt, als gerade Linie AB aufträgt (Fig. 63) und diese in 4 gleiche Teile teilt (AC = CD = DE = EB), so entspricht das Stück AC einer Drehung des Leiters um 90°, AD um 180°, AE um

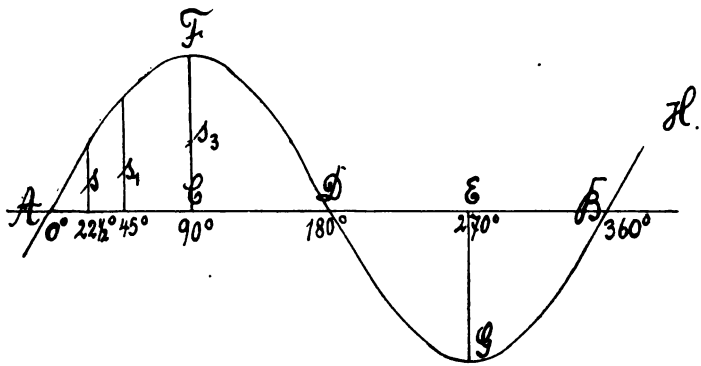


Fig. 68.

270° und AB um 360°. Trägt man nun auf der geraden Linie AB die in jedem Augenblick entstehende Stärke des elektrischen Stromes in einem dazu gewählten Maßstab (z. B. 1 cm = 1 Ampere) auf und berücksichtigt dabei, daß der positive Strom oberhalb der Linie AB und der negative unterhalb aufgetragen werden muß, so entsteht ein Bild, wie es in Fig. 63 dargestellt ist. In dem Punkt A (senkrechte Stellung des Rahmens Fig. 62) ist kein Strom vorhanden, dann entsteht ein Strom, dessen Stärke allmählich zunimmt; bei einer Drehung des Leiters um $22^1/_2{}^0$ ist sie s, um $45^0 = s_1$, um $90^0 = s_3$ und erreicht damit ihren höchsten Wert (wagerechte Stellung des Rahmens), dann sinkt sie wieder bis D (senkrechte Stellung), wird negativ und erreicht ihren größten Wert bei E (wagerechte Stellung), fällt dann wieder bis B (senkrechte Stellung). Nun wiederholt sich bei der folgenden Umdrehung dasselbe Bild. Es ist deshalb die Linie AFDGBH das charakteristische Bild des Wechselstromes und speziell des sogenannten Einphasenwechselstromes.

Für manche Zwecke können die Wechselströme nicht gut verwendet werden, weil ein stets gleichgerichteter Strom erforderlich ist. Will man einen solchen Gleichstrom erhalten, so muß der Strom, der während der einen halben Umdrehung des Rahmens entstand (der negative), eine umgekehrte Richtung erhalten. Die Umdrehung geschieht durch einen Kommutator oder Stromwender. Es ist das ein metallischer Hohlring (Fig. 64), der in zwei gleiche Teile zerschnitten ist, die gegeneinander und gegen die Umgebung gut isoliert sind. Die eine Hälfte c ist mit dem einen Ende des Leiters D (Fig. 62) und die andere d mit dem anderen

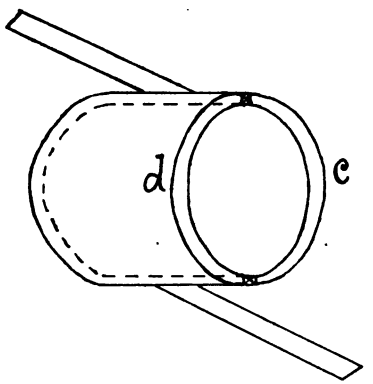


Fig. 64.

Ende dauernd verbunden. Die Trennungsstellen des Kommutators werden nun so gelegt, daß sie mit der Stellung des Rahmens EFGH (Fig. 62) übereinstimmen, d. h. steht der Rahmen senkrecht, so tun es auch die Trennungsstellen u. s. w.

Bewegt sich jetzt der Rahmen vor dem Pol vorbei, so kann die Schleiffeder s, auch Bürste genannt, stets nur den Strom abnehmen, der vor dem Magnetpol entsteht, und der ist stets von derselben Richtung, es ist also ein Gleichstrom entstanden. Sein charakteristisches Bild ist in Fig. 65 dargestellt. Es weicht von dem des Wechselstromes dadurch ab, daß der negative Teil jetzt auch positiv ist, also über der Linie liegt.

Die starken Schwankungen in der Stromstärke von Null bis zum größten Wert CF (Fig. 63), Amplitude genannt, machen ihn in der Praxis nicht verwertbar. Sollte z. B. eine elektrische Glühlampe mit einem

solchen Strom gespeist werden, so würde das Licht in unerträglicher Weise flackern. Man hat deshalb dem Rahmen in Fig. 62 die Form eines Ringes gegeben und ihn aus weichem Eisen hergestellt (Fig. 66). Die Kraftlinien, die aus dem Nordpol N des Magneten austreten, gehen

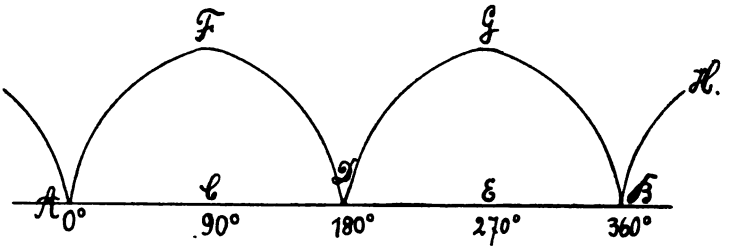


Fig. 65.

wie in der Figur dargestellt ist, durch das weiche Eisen zum Südpol S. Wenn um diesen Ring, Anker genannt, eine Drahtspule gelegt wird, so

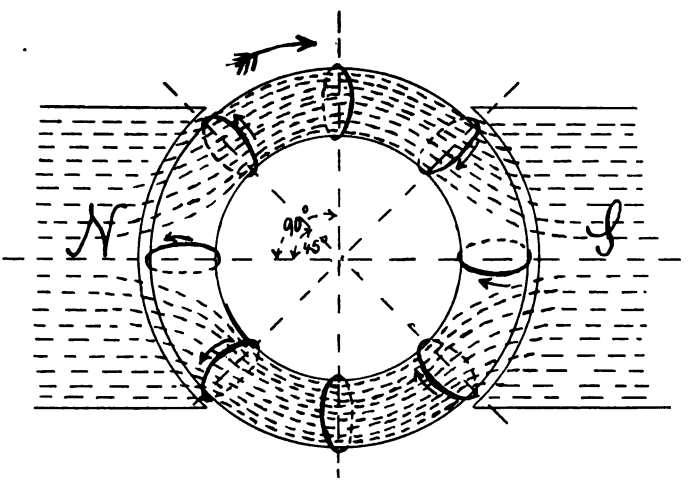


Fig. 66.

treten hinsichtlich der Entstehung des elektrischen Stromes dieselben Erscheinungen auf, wie sie auf Seite 115 an dem Rahmen geschildert wurden, nur ging dort während einer Umdrehung der Leiter zweimal an einem Nordpol vorbei, während er jetzt einmal an einem Süd- und an einem Nordpol vorbei muß.

Bringt man eine zweite Spule an, die genau um 180° gegen die erste versetzt ist, und befestigt deren Drahtenden mit den entsprechenden Teilen des Strommenders, so wird der elektrische Strom in der ersten Spule um denjenigen in der zweiten vermehrt. Bei Verwendung gleicher Spulen wird daher die Stromstärke verdoppelt. Wenn dagegen 4 gleiche Spulen angebracht werden, die um 90° gegeneinander versetzt sind, so entstehen 2 charakteristische Linien des Gleichstroms, die aber um 90° gegeneinander verschoben sind (Fig. 67). In den schraffierten Teilen ist nicht nur die Stromstärke von dem einen Spulenpaar vorhanden, sondern

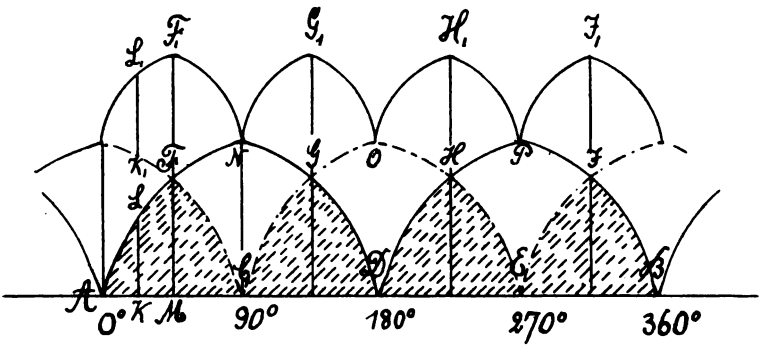


Fig. 67.

auch von dem andern, sie überdecken sich aber. Man muß deshalb die Stromstärke MF noch einmal in F nach oben auftragen, dann ist MF_1 die wirklich vorhandene Stromstärke in dem Punkte M; ebenso muß es mit allen übrigen Stromstärken geschehen, dann kommt L nach L_1 u. s. w., es wird also $L_1F_1NG_1OH_1PJ_1$ das Bild der Stromstärke. Es ist daraus ersichtlich, daß sie durch die Einschaltung des zweiten Spulenpaares zugenommen hat und die Schwankungen geringer geworden sind. Sobald noch mehr Spulen angebracht werden, tritt diese Wirkung noch mehr hervor, so daß bei einer großen Anzahl von Spulen Schwankungen nicht mehr wahrnehmbar sind.

Wenn man zwei Wechselströme erzeugt, die um 90° gegeneinander verschoben sind, so treten ähnliche Erscheinungen auf, wie sie soeben für den Gleichstrom geschildert wurden, die Stromstärken addieren sich teilweise und die Schwankungen werden geringer. Die Vorgänge lassen sich aber

nicht in so einfacher Weise darstellen. Einen solchen Wechselstrom bezeichnet man als Zweiphasenwechselstrom. Sobald aber drei Ströme erzeugt werden, die um 120° gegeneinander verschoben sind, entsteht ein Dreiphasenwechselstrom, den man für gewöhnlich als Drehstrom*) bezeichnet.

Je größer die Anzahl der Umdrehungen des Leiters im magnetischen Felde und die Anzahl der hintereinander geschalteten Leiter sowie die Anzahl der vorhandenen Kraftlinien ist, um so größer wird die Spannung des elektrischen Stromes. Je geringer ferner der Widerstand des gesamten Stromkreises, also des Leiters im magnetischen Feld und des äußeren geschlossenen Leitungsnetzes ist, um so größer wird die Stromstärke.

Der Widerstand, den der elektrische Strom beim Durchfließen eines Drahtes findet, wird um so geringer, je größer der Querschnitt und je besser das Leitungsvermögen des Metalles ist.

Am leichtesten werden die Beziehungen zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand klar, wenn man

das Fließen des Wassers in einem Leitungsrohr	mit	dem Fließen der Elektrizität in einem Leitungsdraht

vergleicht:

1. Druck.

Wenn das Wasser durch das Leitungsrohr AB fließen soll, so muß an der einen Stelle A ein höherer Druck als an der andern B vorhanden sein. Es fließt dann von A nach B.

1. Spannung.

Wenn die Elektrizität durch den Leitungsdraht AB fließen soll, so muß an der einen Stelle A eine höhere Spannung als an der andern B vorhanden sein. Sie fließt dann von A nach B.

---

*) Streng genommen sind auch die Zweiphasenwechselströme Drehströme, weil durch sie ein magnetisches Feld erzeugt wird, das bei wenig veränderlicher Stärke seine Richtung in gleichem Sinne fortwährend ändert, sich also dreht und somit auch drehend auf einen Anker wirkt. Diesem wird von außen kein Strom zugeführt, es entsteht in ihm nur dadurch Strom, daß das magnetische Feld induzierend auf die Ankerdrähte wirkt. Man nennt solche Motoren deshalb Induktionsmotoren. Der Wechselstrom hat eine große Bedeutung für weite Kraftübertragungen.

Der Druck wird in kg auf 1 qcm oder Atmosphären gemessen oder, was dasselbe ist, durch die Höhe einer Wassersäule in m ausgedrückt.

2. Widerstand.

Beim Durchfließen des Rohres findet das Wasser einen Widerstand, der um so größer ist, je kleiner der Querschnitt und je größer die Länge des Rohres wird.

3. Stromstärke (Strommenge).

An der Stelle B des Rohres fließt um so mehr Wasser aus, je höher der Druckunterschied zwischen A und B und je geringer der Widerstand in diesem Rohrstück ist. Es ist daher die Stromstärke direkt proportional dem Druckunterschied und umgekehrt dem Widerstand, somit ist

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Druckunterschied}}{\text{Widerstand}}$$

in einer Zeiteinheit (1 Sekunde).

Die Stromstärke wird in Litern oder cbm gemessen.

4. Arbeit.

Die mechanische Arbeit, die erforderlich ist, um z. B. 100 Liter

Die Spannung wird in Volt gemessen.

2. Widerstand.

Beim Durchfließen des Drahtes findet die Elektrizität einen Widerstand, der um so größer ist, je kleiner der Querschnitt und je größer die Länge des Drahtes wird.

Außerdem ist der Widerstand um so geringer, je größer das elektrische Leitungsvermögen des Materials, aus dem der Draht hergestellt wurde. Der Widerstand wird in Ohm gemessen.

3. Stromstärke.

An der Stelle B fließt um so mehr Elektrizität durch, je größer der Spannungsunterschied zwischen A und B und je geringer der Widerstand in diesem Drahtstück ist. Es ist daher die Stromstärke direkt proportional dem Spannungsunterschied und umgekehrt dem Widerstand, somit ist

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannungsunterschied}}{\text{Widerstand}}$$

in einer Zeiteinheit.

Die Stromstärke wird in Ampere gemessen. Es ist somit

$$1 \text{ Ampere} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}.$$

4. Arbeit.

Die mechanische Arbeit, die erforderlich ist, um z. B. einen elek-

oder 100 kg Waſſer ſekundlich um 50 m zu heben oder ihm einen Druck von 50 kg zu geben, iſt

$$A = 100 \cdot 50 \text{ mkg.}$$

Es ſind ferner

75 mkg = 1 Pferdeſtärke.

triſchen Strom von 100 Ampere und 50 Volt Spannung ſekundlich zu erzeugen, iſt

$$A = 100 \cdot 50 \text{ Voltampere}$$

$$A = 100 \cdot 50 \text{ Watt.}$$

Es ſind ferner

736 Watt = 1 Pferdeſtärke.

Wie aus Fig. 66 deutlich zu entnehmen iſt, ſchneiden die an der Innenſeite des Ringes befindlichen Drahtteile der Spulen nicht die Kraftlinien, ſie erhalten daher auch keinen Stromimpuls und tragen nicht zur Stromerzeugung bei, wohl aber verteuern ſie die Maſchinen ganz erheblich, weil etwa die Hälfte des zur Wicklung verwendeten Kupfers für die Stromerzeugung wertlos iſt. Man hat deshalb Anker konſtruiert, bei denen die Drähte auf einer Trommeloberfläche und an den beiden Stirnflächen liegen, bei ihnen beträgt das wirkſame (aktive) Kupfer mehr als 60 %. Neuerdings werden nur ſolche Trommelanker verwendet (vergl. die Fig. 68, 72, 74).

Wenn ein Magnetgeſtell nur einen Nordpol N und einen Südpol S hat, ſo heißt die Maſchine zweipolig, ſind aber zwei Paar Pole, alſo zwei Nordpole und zwei Südpole vorhanden, ſo heißt ſie vierpolig. Es gibt auch acht- und noch mehrpolige Dynamomaſchinen. Meiſtens ſind die kleinen Gleichſtrommaſchinen von etwa $^1/_8$ bis 2 PS zweipolig, ſolche von 1 bis 125 PS vierpolig, und ſolche von 60 bis 550 PS. achtpolig. Maſchinen für noch größere Leiſtungen erhalten noch mehr Pole.

Wie zur Erzeugung eines elektriſchen Stromes von beſtimmter Stromſtärke und Spannung in einer Dynamo eine gewiſſe mechaniſche Kraft nötig iſt, ſo kann auch ein elektriſcher Strom von beſtimmter Stärke und Spannung durch einen Elektromotor wieder mechaniſche Arbeit leiſten. Es gilt dabei immer die Beziehung 736 Voltampere oder Watt = 1 Pferdeſtärke = 75 mkg in einer Sekunde.

Für jede Stromart (Gleich-, Wechſel- und Drehſtrom) gibt es beſondere Dynamomaſchinen und Motoren, von denen die für Gleichſtrom die größte Bedeutung erlangt haben und hier deshalb etwas ausführlicher behandelt werden müſſen.

In Fig. 68 ist eine Gleichstromdynamomaschine nach dem System der Deutschen Elektrizitätswerke zu Aachen im Schnitt dargestellt. Das Stück BN B′S ist das Magnetgestell mit den

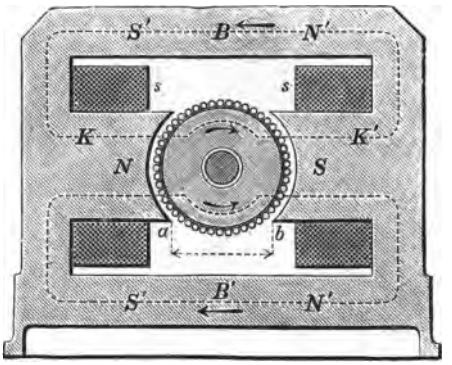


Fig. 68.

beiden Magnetschenkeln, von denen N ein Nordpol und S ein Südpol ist, sowie den beiden Brücken B und B′. Um die Schenkel sind Drahtspiralen ss

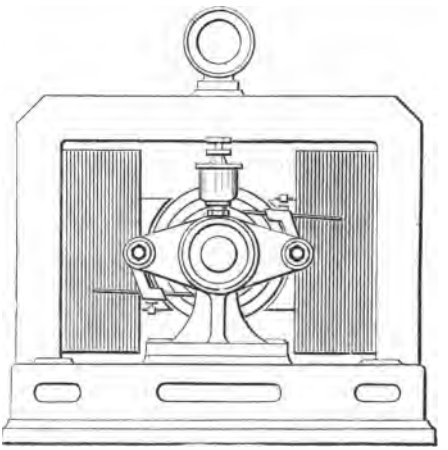


Fig. 69.

gewunden, welche den erforderlichen Magnetismus erzeugen, sobald durch sie ein elektrischer Strom geschickt wird. Zwischen den Magnetschenkeln befindet sich der in zwei Lagern (das eine ist in Fig. 69 zu sehen) drehbar angeordnete Trommelanker, auf dem quer zur Längsachse eine Anzahl

isolierter, mit Nuten versehener Blechscheiben angebracht ist. In diese sind die isolierten Leiter gelegt, welche die Kraftlinien schneiden und die Stromimpulse empfangen, die Enden dieser Leiter führen zu dem Kommutator,

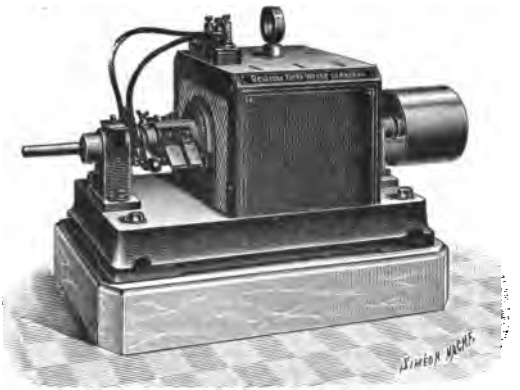


Fig. 70.

von welchem der Strom durch Schleifbürsten (Fig. 70 neben dem linken Lager) abgenommen und in den äußeren Stromkreis geleitet wird.

Fig. 71.

Wie außerordentlich verschieden die Form der Magnetgestelle sein kann, geht aus Fig. 71 hervor, welche den Elektromagneten für kleinere Gleichstrommaschinen der

Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin

darstellt. Das Gestell ist stehend angeordnet, unten an den Polschenkeln befinden sich die Erregerspulen. Die magnetischen Kraftlinien gehen

durch die oberhalb der Spulen befindliche runde Öffnung vom Nord- zum Südpol. In ihr wird deshalb der in Fig. 72 dargestellte Trommelanker, dessen Leiter die Stromimpulse bei seiner Drehung im magnetischen

Fig. 72.

Felde empfangen, angebracht. Der Anker ist in zwei Lagern, die sich seitlich vom Magnetgestell befinden, drehbar angeordnet; er hat (in der

Fig. 73.

Fig. links von der Wickelung) einen Kommutator und trägt auf seiner Achse eine kleine Riemenscheibe für den Antrieb von der Kraftmaschine. Größere Dynamomaschinen werden mehrpolig ausgeführt. So zeigt

Fig. 73 ein Magnetgeſtell einer zehnpoligen Gleichſtrommaſchine derſelben Firma und Fig. 74 den dazu gehörigen Trommelanker. In der erſteren Abbildung erkennt man ſehr ſchön die kreisförmige Anordnung der 10

Fig. 74.

Erregerſpulen mit den darin befindlichen Elektromagneten, vor denen ſich der Anker, auf dem man deutlich die Anordnung der einzelnen Leiter

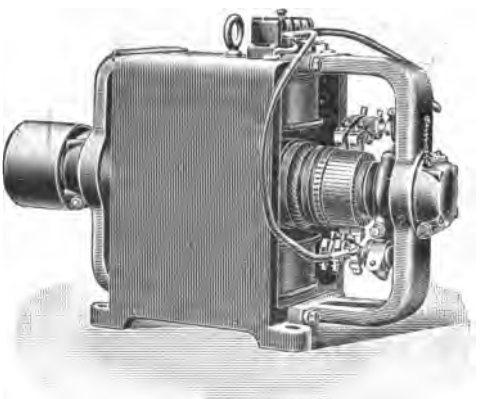


Fig. 75.

erkennt, vorbeibewegt. Dieſe Maſchine liefert einen elektriſchen Strom, der aus 5 charakteriſtiſchen Kurven (vergl. Fig. 67) zuſammengeſetzt iſt, die um $^1/_5$ Umdrehung verſchoben ſind. Die Stromſtärke iſt alſo außerordentlich gleichmäßig.

Eine vollständige Dynamomaschine zeigt Fig. 75. Es ist das eine kleine Gleichstrommaschine von

Siemens & Halske A.-G., Berlin.

Das Magnetgestell bildet ein geschlossenes Gehäuse, in dem oben und unten die Erregerspulen mit darin befindlichem Elektromagneten angeordnet sind, zwischen ihnen wird der Trommelanker bewegt, dessen Achsschenkel in kräftigen seitlichen Bügeln gelagert sind. Links in der Figur befindet sich

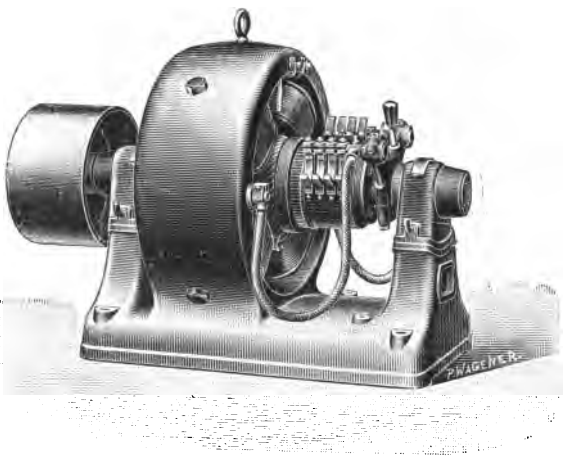


Fig. 76.

die Riemenscheibe für den Antrieb des Ankers, rechts innerhalb des Bügels der Kommutator und die Bürsten zur Abnahme des elektrischen Stromes. In Fig. 76 ist eine vierpolige Gleichstrommaschine derselben Firma wiedergegeben, deren einzelne Teile ohne weitere Erklärung verständlich sind.

Einen Teil des im Anker erzeugten Stromes schickt man durch Spiralen um die Magnetschenkel, um hier den erforderlichen Magnetismus zu erzeugen. In den Magnetschenkeln des Gestelles aus Stahlguß befindet sich immer etwas Magnetismus, sogenannter remanenter Magnetismus, welcher so viel Kraftlinien hervorruft, daß beim Drehen ein Strom, wenn auch nur ein schwacher, hervorgerufen wird. Dieser hebt dann, in die Spiralen tretend, die Stärke des magnetischen Feldes, so daß in kurzer Zeit die Dynamo einen kräftigen Strom liefern kann. Der remanente Magnetismus

ist daher von der größten Wichtigkeit für das Anlassen einer Gleichstromdynamomaschine, weil nur durch ihn die Stromerzeugung im Anker eingeleitet wird.

Wenn man den Anker einer Dynamomaschine bewegt, ohne den äußeren Leitungskreis zu schließen, so wird hierzu nur wenig Kraft verbraucht, nämlich nur so viel als zur Überwindung der in der Maschine enthaltenen Widerstände nötig ist; schließt man dagegen den äußeren Leitungskreis, so entsteht in ihm ein elektrischer Strom, und der Kraftverbrauch steigt sofort. Je mehr Strom nun die Dynamomaschine an den Leitungskreis abgibt, um so mehr steigt der Kraftverbrauch, so daß also die zur Bewegung des Ankers aufgewendete motorische Kraft in einen elektrischen Strom von entsprechender Stärke umgewandelt ist.

In der Wirkungsweise sind fast alle Dynamomaschinen gleich, sie weichen nur hinsichtlich der Anordnung des Magnetgestells, der Konstruktion des Ankers sowie einzelner Details von einander ab, daher ist auch der Wirkungsgrad, das heißt das Verhältnis der an den Schleifbürsten in dem elektrischen Strom wiedergewonnenen zu der zur Drehung des Ankers aufgewendeten Arbeit ein verschiedener. Er ist um so größer, je mehr Umdrehungen der Anker macht und je mehr Kraftlinien des magnetischen Feldes durch den Anker hindurchtreten und in ihm zur Stromerzeugung verwendet werden. Die Dynamomaschinen haben einen Wirkungsgrad, der je nach der Größe von $g = 0{,}85 — 0{,}96$ ist.

Es ist vorhin erwähnt worden, daß nur ein Teil des erzeugten elektrischen Gleichstromes durch die Spiralen um die Magnetschenkel geschickt wurde, um darin den erforderlichen Magnetismus zu erregen. Die Schenkel wurden also nicht vom Hauptstrom, sondern von einem Nebenstrom umkreist, man nennt deshalb solche Maschinen Nebenschlußmaschinen, zum Unterschied von Hauptschlußmaschinen, bei denen der Hauptstrom durch die Erregerspulen geschickt wird. Wenn die Magnetschenkel sowohl vom Hauptstrom als auch von einem davon abgezweigten Nebenstrom umkreist werden, spricht man von Compound- oder Verbundmaschinen.

Der in der Dynamo erzeugte Strom kann nun auf ziemlich große Entfernungen durch Leitungen fortgeschickt werden, die sowohl ober- als auch unterirdisch angelegt werden können. Die ersteren sind billig, können aber als Verkehrshindernis auftreten und mancherlei Gefahren bringen, die letzteren sind besser, aber auch etwa achtmal so teuer.

In jeder Leitung wird ein bestimmter Verlust an Spannung auftreten, und zwar ist er, abgesehen von der Leitungsfähigkeit des Materials, um so größer, je länger die Leitung, und je kleiner der Leitungsquerschnitt. Man kann den Wirkungsgrad einer großen Leitung zu $g = 0{,}85$ bis 0,90 annehmen.

Fig. 77.

Durch das Leitungsnetz wird der elektrische Strom den einzelnen Verbrauchsstellen zugeführt, an denen wieder Dynamomaschinen vorhanden sind, welche die in dem Strom fortgeleitete Arbeit hier in motorische Kraft zurückverwandeln sollen. Diese Maschinen werden Elektromotoren genannt und sind ähnlich wie die Dynamomaschinen konstruiert, nur daß bei ihnen nicht in den Leitungsdrähten des Ankers ein Strom erzeugt wird (stromerzeugende Dynamo), sondern daß in die Drähte des Ankers ein Strom geleitet wird, welcher die Drehung hervorbringt.

In Fig. 70 ist ein zwei- und in Fig. 77 ein vierpoliger Gleichstromelektromotor der Deutschen Elektrizitätswerke in Aachen dargestellt.

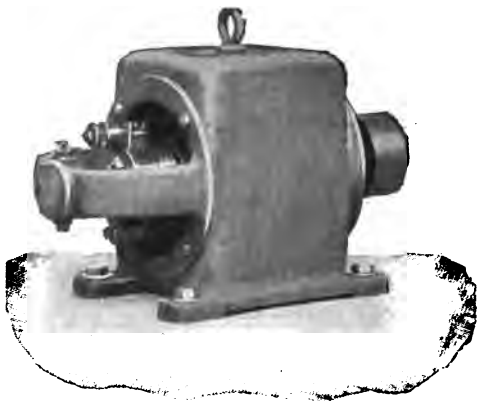


Fig. 78.

Fig. 78 und 79 zeigen die Ausführung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin, Fig. 75 und 76 diejenige von Siemens & Halske,

Fig. 79.

A.-G. Berlin. Alle zeichnen sich durch einen hohen Wirkungsgrad und Zweckmäßigkeit aus.

Einen vierpoligen Gleichstrommotor in offener Ausführung zeigen Fig. 76 und 79, einen solchen vollständig eingekapselt Fig. 77 und 78,

was für die Aufstellung in Räumen mit staubhaltiger Luft dringend erforderlich ist.

Wie bei den Dynamomaschinen unterscheidet man auch bei den Gleichstromelektromotoren Hauptschluß-, Nebenschluß- und Verbundmotoren.

Letztere kommen in der Praxis bis jetzt wenig vor. Während der Hauptschlußmotor sehr veränderliche Umlaufszahlen hat, sind diese beim Nebenschlußmotor nahezu gleich, man verwendet daher ersteren vorzugsweise bei elektrischen Bahnen und letzteren für gewerbliche Betriebe.

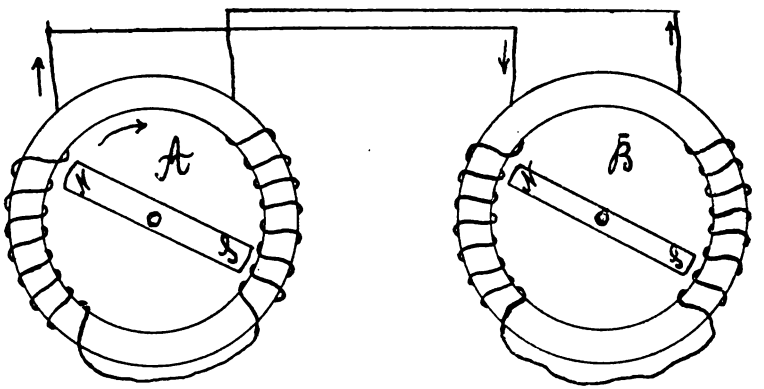


Fig. 80.

Die Wechselstrommotoren lassen sich nicht so einfach wie die Gleichstrommotoren behandeln. Es soll aber trotzdem die Wirkungsweise, soweit angängig, hier im Prinzip angegeben werden. Bei den bisher dargestellten Motoren drehte sich der Anker in dem dazu gehörigen Feldmagneten, bei den Wechselstrommotoren ist es in der Praxis umgekehrt, es dreht sich bei ihnen der Feldmagnet in dem Anker, der ringförmig ausgebildet ist. In Fig. 80 stellt A die stromerzeugende Einphasen-Wechselstrommaschine (Generator genannt) dar. Um den Ringanker sind zwei Drahtspulen gewickelt, die untereinander verbunden sind. Wenn der Feldmagnet an ihnen vorüberbewegt wird, so entsteht in ihnen ein Wechselstrom, der dem genau gleichgebauten Motor B zugeführt wird. Tritt der elektrische Strom in der Richtung der ausgezogenen Pfeile in den Motor ein, so entsteht in dem Ring ein Magnetismus, dessen Südpol oben an der nicht umwickelten Stelle und dessen Nordpol gegenüber

unten ist. Der oben befindliche Südmagnetismus zieht den Nordpol des Feldmagneten an, ebenso der unten befindliche Nordmagnetismus den Südpol; aber noch bevor diese Kräfte zur Wirkung gekommen sind und eine Drehung des Feldmagneten hervorgerufen haben, nämlich in etwa $^1/_{100}$ Sekunde, hat der elektrische Strom die Richtung gewechselt, der Nord- wird Süd- und der Süd- Nordmagnetismus. Es wird jetzt der Feldmagnet ebenso stark von dem gleichartigen Magnetismus abgestoßen, wie er vorhin angezogen wurde; er kann also keine Drehung ausführen. Infolgedessen können diese Einphasenwechselstrommaschinen nicht von selbst anlaufen. Nur wenn sie vorher genau auf dieselbe Umdrehungszahl wie der Generator gebracht sind, können sie Arbeit leisten. Man nennt solche Motoren, bei denen der Feldmagnet gleichzeitig (synchron) mit dem des Generators eine Umdrehung vollendet haben muß, synchrone Motoren. Im Gegensatz hierzu heißen diejenigen Motoren, bei denen immer ein Unterschied vorhanden sein muß, asynchrone; sie sind dadurch gekennzeichnet, daß bei ihnen entweder in dem Läufer oder in dem festen Ständer die elektrische Energie durch Induktion übertragen wird. Diese laufen daher von selbst an. Der Läufer besteht aus einer größeren Anzahl von Drähten, die auf einer Trommel angebracht und auf den Stirnflächen durch Kupferringe verbunden sind. Die Ströme werden durch die Wicklung so geführt, daß sie sich in ihrer drehenden Bewegung gegenseitig unterstützen oder kurzgeschlossen. Solche Motoren gibt es für Einphasen- und Zweiphasenwechselstrom sowie für Drehstrom.

Der Elektromotor unterscheidet sich vorteilhaft vor anderen Kleinmotoren dadurch, daß er mit Ausnahme der synchronen Motoren von selbst, das heißt ohne Andrehen anläuft, daß sich seine Umdrehungszahl äußerst gleichmäßig hält und seine In- und Außerbetriebsetzung in einer außerordentlich einfachen Weise nur durch Bewegung eines Hebels auf einem Schaltbrett bewirkt werden kann. Wie man bei einer Dampfmaschine den hochgespannten Kesseldampf nicht plötzlich in den Zylinder hinter den stillstehenden Kolben eintreten lassen darf, um die Maschine nicht zu zerstören, so darf man auch nicht den gespannten elektrischen Strom plötzlich in einen stehenden Elektromotor lassen. Im ersten Falle drosselt man den Dampf, d. h. man hebt seine Spannung durch allmähliches Öffnen des Einlaßventils, im anderen hebt man die Spannung des elektrischen Stromes durch Ausschalten eines Widerstandes in der

Stromleitung. Diesen kann man durch eine Anlaßvorrichtung Fig. 81 mittelst eines Hebels, den man langsam über die Kontaktknöpfe hinwegbewegt, allmählich ausschalten. Manche Anlaßvorrichtungen, so die dargestellte, ermöglichen es sogar, die Geschwindigkeit des Motors etwas zu regulieren.

Die Anlaßvorrichtung, eine Meßvorrichtung für den verbrauchten elektrischen Strom, sowie unter Umständen einen Spannungsmesser (Voltmeter) und einen Stromstärkemesser (Amperemeter) bringt man der besseren Übersicht wegen auf einem besonderen Brett, dem Schaltbrett, an. Es wird an irgend einer passenden Stelle bei dem Kleinmeister an der Wand befestigt.

Fig. 81.

In Fällen, wo es nicht darauf ankommt, die Stromstärke in jedem Augenblick ablesen zu können, wie es namentlich bei dem Kleinmeister der Fall sein wird, können das Amperemeter und Voltmeter fortfallen.

Da der Stromverbrauch sich genau nach dem Kraftverbrauch regelt, so kann der Kleinmeister auch nur so viel Strom bezahlen, als er Kraft oder Licht verbraucht. Die Messung dieser Elektrizitätsmenge geschieht durch den Dr. Aronschen oder einen anderen Elektrizitätszähler in ähnlicher Weise wie der Verbrauch an Gas durch den Gasmesser.

In Fig. 82 ist ein solcher Apparat, der in eine Zweigleitung eingeschaltet wird, dargestellt. Er zeigt drei Pendel, welche auf eine gleiche Schwingungsdauer reguliert sind; das mittlere ist ein gewöhnliches Pendel, während die beiden anderen Stahlmagneten sind, die sich über Drahtspulen bewegen, von denen die eine eine Spannungsspule und die andere eine Stromstärkespule ist. Alle drei werden durch ein Uhrwerk im Gang

erhalten und wirken auf ein gemeinschaftliches Zählwerk so, daß dieses die Differenz der Schwingungen in Kilowatt anzeigt.

Wie schon erwähnt wurde, ist es in manchen Fällen nötig, den Wechselstrom in einen Gleichstrom umzuwandeln, das kann durch Umformer oder Transformatoren geschehen. Sie beruhen auf dem Prinzip, daß ein Gleichstrom aus einem Leiter im Augenblick des Schließens und Unterbrechens in einem benachbarten Leiter wieder einen Gleichstrom erzeugt. Statt nun den ersteren Strom fortwährend zu schließen und zu unterbrechen, kann man einen Wechselstrom auf diese Weise ohne weiteres in einen Gleichstrom umwandeln. Der Transformator ist so gebaut, daß beide Leiter als Rollen aufgewickelt und ineinander geschoben sind.

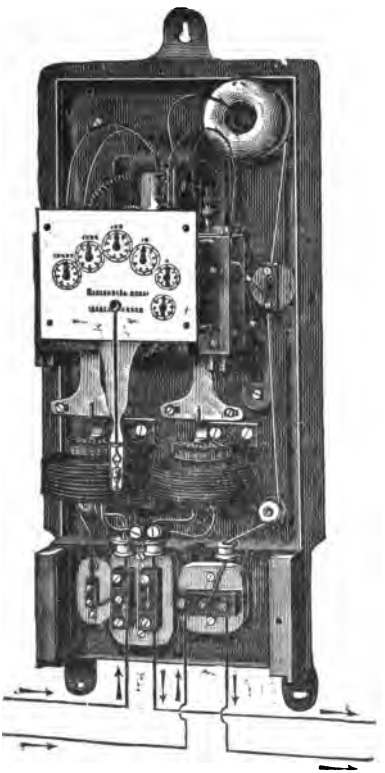


Fig. 82.

Die Transformatoren dienen auch dazu, um einen wenig gespannten Strom in einen hochgespannten umzuwandeln und umgekehrt. Im ersteren Falle hat die innere Spule für den niedrig gespannten Strom wenig Windungen und starken Draht, während die äußere sehr viele Windungen und dünnen Draht erhält. Man wird die Umformer anwenden, wenn ein niedrig gespannter Strom erzeugt und dann weit fortgeleitet werden soll, indem man zur Ersparung an Kosten für das Leitungsnetz den schwachen Strom in einen hochgespannten umformt und an der Verbrauchstelle umgekehrt verfährt. Die Umformer haben einen Wirkungsgrad g bis zu 0,97, d. h. es gehen bei guten und großen Umformern bis zu 3 % an elektrischer Energie verloren. Neuerdings werden auch rotierende Umformer, ähnlich

wie die Dynamomaschinen, gebaut, die den Wechselstrom in Gleichstrom umwandeln.

Es muß hier noch erwähnt werden, daß der elektrische Strom für den Menschen Gefahren in sich birgt, wenn er durch den Körper geleitet wird, was dadurch geschehen kann, daß dieser unbeabsichtigterweise in den Stromkreis eingeschaltet wird. Bei schwachen Strömen können Verbrennungen, bei stärkeren Tötungen hervorgerufen werden. Eine Grenze dafür, wann der Strom tödlich wirkt, läßt sich nicht angeben, weil sie abhängig ist vom Widerstand, den der Körper dem Durchgang entgegensetzt, und von der Art des Stromes (Gleich- oder Wechselstrom). Es ist daher dringend zu empfehlen, die elektrischen Anlagen nur durch gewissenhafte, sachverständige Leute ausführen und dabei genau die Sicherheitsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker beachten zu lassen.

Preise der zweipoligen Gleichstromelektromotoren (Gehäuse, Anker und Riemenscheibe*) für eine Spannung bis 220 Volt der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Berlin

Pferdestärken . . .	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,7	3,0	4,5	5,0
Stromverbrauch in 1 Stunde in Watt .	290	380	520	700	950	1300	1900	2500	2700	4000	4400
Umdrehungszahl in der Minute	720	1100	1550	2800	1450	2100	1320	1800	1250	1900	1150
Preis ℳ	230	230	230	280	300	300	400	400	500	500	680

Drehstrommotoren

Pferdestärken	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	5,0
Umdrehungszahl . . .	1140	1440	1440	1440	1440	1440	960
Preis des Motors mit Kurzschlußanker . . . ℳ	150	175	200	275	325	400	575
Preis des Motors ohne Riemenscheibe mit Schleifringanker . . . . ℳ	—	—	—	410	460	575	775

*) Anlasser kosten bis 2 PS etwa 36 ℳ, für 2—3 PS. etwa 65 ℳ und für 3—5 PS etwa 85 ℳ. Gleitschienen mit Anker kosten bis 5 PS etwa 20 ℳ.

Preise der zweipoligen Gleichstromelektromotoren mit Zubehör als Riemenspannvorrichtung, Fundamentanker und Anlaßwiderstand der Deutschen Elektrizitätswerke zu Aachen Garbe, Lahmeyer & Co. A.G.

Pferdestärken	1/8	1/4	1/2	2/3	1	2	3	4	5	6	7	8
Umdrehungszahl in der Minute	1900	1800	1700	1500	1400	1800	1200	1150	1100	1100	1050	1000
Preis ℳ	200	250	280	320	350	400	450	480	540	620	700	750
Schaltbrett mit allen erforderlichen Apparaten ℳ	75	75	75	75	75	75	75	95	95	95	110	110
zusammen ℳ	275	325	355	395	425	475	525	575	635	715	810	860

Die vierpoligen Gleichstromelektromotoren, die erst von 1 PS an gebaut werden, machen etwa 20% weniger Umdrehungen als die gleichstarken 2 poligen Maschinen und sind etwa 10% teurer als die obigen Motoren mit gleicher Umdrehungszahl.

Der Preis der Wechsel- und Drehstrommotoren einschließlich Anlasser und Fundamentanker geht aus folgender Übersicht hervor:

Pferdestärken	1/8	1/4	1/2	1	2	2	3	3	5	5
Umdrehungszahl in der Minute	1320	1350	1380	1400	1400	920	1400	920	1420	980
Preis des Motors mit Kurzschlußanker ℳ	230	250	300	340	390	480	480	520	575	780
Preis des Motors mit Schleifringanker ℳ	—	—	—	—	580	580	630	680	780	900
Preis des Motors mit Schleifringanker und Kurzschließer ℳ	—	—	—	—	600	680	740	780	880	1040

Hierzu kommen die Kosten für das Schaltbrett, das je nach der Art der Elektromotoren kleinen Abänderungen unterworfen ist.

Die Preise der Kilowattstunde = 1000 Watt während einer Stunde schwanken bei den einzelnen elektrischen Zentralen zwischen etwa 10 Pfennig und 25 Pfennig. Der Durchschnittspreis wird etwa 16 Pfennig betragen. Hiernach stellen sich die Betriebskosten für die Gleichstrom-elektromotoren wie folgt, wenn die Kosten für die Kraftquelle mit Hilfe des Wirkungsgrades der Elektromotoren berechnet werden. Da 1 PS = 736 Watt ist, so verbraucht z. B. theoretisch $^1/_8$ pferd. Motor $\frac{736}{8}$ Watt in der Stunde, sein Wirkungsgrad ist aber zu 0,55 anzunehmen, er verbraucht daher tatsächlich $\frac{736}{8 \cdot ,0{,}55} = 167$ Watt und somit in 3000 Stunden $\frac{736 \cdot 3000}{8 \cdot 0{,}55}$ Watt $= \frac{736 \cdot 3000}{8 \cdot 0{,}55 \cdot 1000} = 502$ Kilowatt.

Hiernach läßt sich der Preis wie in Tabelle S. 138 ermitteln.

Demnach kostet eine Pferdekraft in einer Stunde

beim $^1/_8$ pferd. Motor $= \frac{149{,}04 \cdot 8}{3000} = 39{,}74$ Pfennig.

„ $^1/_2$ „ „ $= \frac{349{,}59 \cdot 2}{3000} = 23{,}31$ „

„ 1 „ „ $= \frac{589{,}79}{1 \cdot 3000} = 19{,}66$ „

„ 2 „ „ $= \frac{1020{,}45}{2 \cdot 3000} = 17{,}01$ „

„ 4 „ „ $= \frac{1887{,}07}{4 \cdot 3000} = 15{,}73$ „

„ 6 „ „ $= \frac{2719{,}68}{6 \cdot 3000} = 15{,}11$ „

Viele elektrische Zentralen ermäßigen den Preis für die Kilowatt-stunde ganz erheblich (bis auf 10 Pfennig), wenn sich der Gewerbe-treibende verpflichtet, zu der Zeit, in der viel Elektrizität zu Beleuchtungs-zwecken gefordert wird, keinen Strom zu verbrauchen. Dann werden die vorstehend ermittelten Kosten sich um rd 30% verringern und damit billiger werden als bei den übrigen Kleinmotoren. Dazu kommt dann noch als großer Vorzug die außerordentlich bequeme Aufstellung und die leichte In- und Außerbetriebnahme.

Pferdestärken	$^1/_8$	$^1/_2$	1	2	4	6
Preis ℳ	275	355	425	475	575	715
	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ	ℳ
1. Amortisation, Betriebsdauer 10 Jahre . . .	$\frac{275}{10} = 27{,}50$	$\frac{355}{10} = 35{,}50$	$\frac{425}{10} = 42{,}50$	$\frac{475}{10} = 47{,}50$	$\frac{575}{10} = 57{,}50$	$\frac{715}{10} = 71{,}50$
2. Verzinsung 5% . .	$\frac{275 \cdot 5}{100} = 13{,}75$	$\frac{355 \cdot 5}{100} = 17{,}75$	$\frac{425 \cdot 5}{100} = 21{,}25$	$\frac{475 \cdot 5}{100} = 23{,}75$	$\frac{575 \cdot 5}{100} = 28{,}75$	$\frac{715 \cdot 5}{100} = 35{,}75$
3. Reparaturen, Verschleiß an Bürsten, Schmieröl u. s. w.	= 25,00	= 40,00	= 50,00	= 60,00	= 70,00	= 80,00
4. Miete für den Elektrizitätszähler	= 2,50	= 4,00	= 5,00	= 6,00	= 7,50	= 9,00
5. Preis der Kraftquelle 1 Kilowatt = 16 Pf. .	$\frac{736 \cdot 0{,}16 \cdot 3000}{8 \cdot 0{,}55 \cdot 1000} = 80{,}29$	$\frac{736 \cdot 0{,}16 \cdot 3000}{2 \cdot 0{,}7 \cdot 1000} = 252{,}34$	$\frac{736 \cdot 0{,}16 \cdot 3000}{0{,}75 \cdot 1000} = 471{,}04$	$\frac{736 \cdot 2 \cdot 0{,}16 \cdot 3000}{0{,}80 \cdot 1000} = 883{,}20$	$\frac{736 \cdot 4 \cdot 0{,}16 \cdot 3000}{0{,}82 \cdot 1000} = 1723{,}32$	$\frac{736 \cdot 6 \cdot 0{,}16 \cdot 3000}{0{,}84 \cdot 1000} = 2523{,}43$
zusammen ℳ	149,04	349,59	589,79	1020,45	1887,07	2719,68

Die Kosten für Wechsel- und Drehstrommotoren weichen von den obigen nicht erheblich ab und lassen sich leicht genau ermitteln.

Die Elektromotoren werden jetzt von vielen Firmen in vorzüglicher Weise ausgeführt, hierhin gehören außer den bereits genannten Firmen noch:

Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft vorm. Lahmeyer & Co., Frankfurt a. M.

Elektrizitäts-A.-G. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg.

A. & E. Fein, Stuttgart.

u. s. w.

§ 13.

Vergleichende Zusammenstellung der Betriebskosten für die verschiedenen Arten von Kleinkraftmaschinen.

Obwohl die Höhe der Betriebskosten nicht allein für die Anschaffung von Kleinmotoren in Frage kommen kann, so ist sie dafür doch von hohem Wert. Es sollen hier deshalb die rechnerisch ermittelten Kosten übersichtlich zusammengestellt werden, wobei noch besonders darauf hingewiesen werden muß, daß diejenigen für die Gaskraftmaschinen und die Motoren für flüssige Brennstoffe sich nicht unwesentlich ermäßigen, wenn das erforderliche Kühlwasser nicht einer Wasserleitung entnommen wird, wie das bei der Berechnung angenommen wurde. Außerdem werden an verschiedenen Orten die Preise für die Kraftquelle von den angenommenen Werten etwas abweichen. Die Rechnung kann dementsprechend leicht abgeändert werden. Immerhin geben die in der folgenden Tabelle übersichtlich angeordneten Kosten gute Mittelwerte und können deshalb auch miteinander verglichen werden.

(Siehe umstehende Tabelle, S. 140.)

Am teuersten ist die vom Menschen geleistete mechanische Arbeit, indem sie 5 mal teurer ist als die vom Pferde geleistete, 54 mal teurer als die des Sauggasmotors und sogar 83 mal teurer als die der großen Dampfmaschine. Es geht hieraus ganz unzweifelhaft hervor, daß man die mechanische Arbeit des Menschen überall möglichst durch Maschinenarbeit ersetzen muß, wenn man überhaupt konkurrenzfähig bleiben will. Kleinmotoren, die hierzu geeignet sind, gibt es jetzt in großer Anzahl und nach der Einführung des Sauggasmotors auch in solcher Anordnung, daß allen Ver-

hältnissen Rechnung getragen wird. Die Motoren für die flüssigen Brennstoffe werden wohl nur noch Bedeutung als fahrbare Motoren behalten, weil der Sauggasmotor sie wegen der erheblich geringeren Betriebskosten bald verdrängen wird.

Betriebskosten für 1 Nutzpferdestärke in einer Stunde in Pfennigen

Anzahl der Pferdestärken	1	2	4	6
I. Große Dampfmaschine, Verbundsystem mit Kondensation:	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.
40 pferdig	6,7	—	—	—
60 „	5,5	—	—	—
100 „	5,0	—	—	—
150 „	4,4	—	—	—
II. Lebende Motoren:				
Mensch	366	—	—	—
Pferd am Göpel	78	—	—	—
III. Belebte Motoren:				
Kleindampfmotor (Lilienthal)	—	—	14,4	13,5
Dampfsparmotor	20,4	—	13,7	12,6
Heißluftmaschine (Monski)	16,1	14,0	—	—
Gasmotor (Deutz)	16,9	12,4	9,4	8,4
Sauggasmotor (Deutz)	—	—	—	6,8
Benzinmotor (Benzin unverzollt)	—	19,6	16,6	15,0
Petroleummotor	—	18,2	15,4	14,1
Spiritusmotor	—	16,3	13,7	12,5
Elektromotor	19,7	17,0	15,7	15,1

§ 14.

Einiges über die Beschaffung eines Kleinmotors.

Wenn der Kleinmeister einen für seine Verhältnisse etwa passenden Motor ausgewählt hat, so wende er sich unter Beifügung von Skizzen und einer kurzen Beschreibung des Aufstellungsortes und der zu treibenden Maschinen an die betreffende Fabrik mit dem Ersuchen, ihm eine Zeichnung über die Aufstellung des Motors und des etwa nötigen Kühlgefäßes sowie die Anbringung der erforderlichen Transmission mit Kostenanschlag

einzusenden, was fast alle Fabriken umsonst tun. Dann bereite er alles für die Aufstellung des Motors vor (Gaszuleitung, Gasuhr 2c.) und lasse ihn durch einen der Monteure der Fabrik fix und fertig aufstellen, im Betriebe vorführen und über alle Einzelheiten eingehend sich unterrichten, namentlich aber über das Verhalten bei plötzlich vorkommenden Störungen. Außer den Reisekosten für die Monteure berechnen die Fabriken meistens für den Tag des Aufenthaltes am Orte und der Reise 7 Mk., für Logis und Beköstigung etwa 3,50 Mk.

Hinsichtlich der Bezahlung des Motors ist es fast allgemein üblich, daß ein Drittel des Betrages bei der Bestellung, das zweite Drittel bei Anlieferung und das letzte nach einem Monat entrichtet wird.

Die meisten Fabriken haften in der Weise für die Güte ihrer Motoren, daß sie alle während des ersten halben Jahres nachweislich durch schlechtes Material, fehlerhafte Konstruktion und mangelhafte Ausführung unbrauchbar gewordenen Teile sofort ersetzen, ohne eine weitere Verpflichtung zu irgend einem Schadenersatz zu übernehmen.

Da die Beschaffung des Motors dem Kleinmeister in vielen Fällen wegen der Bezahlung Schwierigkeiten bereitet, so müßte sie ihm durch die Bildung von Genossenschaften zur Beschaffung von Motoren und durch Vermittelung der Handwerkerkammern möglichst erleichtert werden. Da der Staat an der Erhaltung eines selbständigen Mittelstandes sogar lebhaft interessiert ist, so dürfte auch er Mittel für solche Zwecke, wenn auch nur vorschußweise, zur Verfügung stellen.

Wie oft kommen die Fälle vor, daß ein Kleinmeister für seinen kleinen Betrieb z. B. eine Drechslerei die erforderliche Betriebskraft von einem anderen Meister in demselben Hause erhält. Letzterer zieht aus, und ersterer ist nun gezwungen, sich selbst einen Motor anzuschaffen. Für einen neuen langen die Mittel nicht. Er kauft also mit dem wenigen Gelde, das ihm zur Verfügung steht, einen alten, neu ausgeputzten Motor, der meistens nicht die Hälfte des Kaufpreises wert ist. Zu den nun fehlenden Betriebsmitteln kommen die hohen Betriebskosten des alten Motors, und der Kleinmeister geht geschäftlich nicht mehr vorwärts, sondern rückwärts. Solche und ähnliche Fälle lassen sich zu Hunderten aufzählen und da tut Hilfe not.

Alphabetisches Sach- und Firmen-Register.

(Die angegebenen Zahlen sind die Seitenzahlen.)

Abdampf, Energieverlust 29
Abwärmekraftmaschinen 82
Acetylen 94
Aldehoff, Hermann, Berlin . . . 88
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin 124
— polizeil. Bestimmungen über d. Anlegung v. Dampfkesseln 28. 34. 39
Altmann-Hoffmeister-Dampfmotor . 88
Ampere, Erklärung 18. 121
Anlaßkurbel, Sicherheits- 74
Anlaßwiderstand 133
Anthracenöle 98
Arbeit, Begriffserklärung 9
—, geistige 1
—, mechanische 1
—, Wert der 2
Arbeitsleistung, mechanische, des Mannes 6. 21. 22
—, des Pferdes 22
Aronscher Elektrizitätszähler . . . 133
Asynchrone Wechselstrommotoren . 132
Äthermotoren 6
Äthylalkohol 99
Baumwollseile, Wirkungsgrad . . 19
Behrens, Paul, Magdeburg . . . 109
Belebte Motoren, Einteilung . . 8
Benz & Co., Rheinische Gasmotorenfabrik, Mannheim . . . 87. 109
Benzin 97. 98. 99. 100
Benzinmotor, Beschreibung . . . 100
—, Betriebskosten 105
Benzolin 98
Beschaffung eines Motors . . . 140
Betriebe mit Kraftmaschinen, Uebersicht der 6
Betriebskostenermittelung für Benzinmotoren 105, Dampfmaschinen 30, Dampf-Spar-Motoren Gaggenau 37. 38, Elektromotoren 137. 138, Gasmotoren 71, Lilienthalsche Dampfmotoren 35, Menschen 22, Petroleummotoren 106, Pferde 28, Rider-Monski-Heißluftmaschinen 47, Sauggasmotoren 81, Spiritusmotor. 107, Wasserräder 26
Bosch, magnetischer Zündapparat . 101
Böttger, Otto, Sächsische Motoren- und Maschinen-Fabrik, Dresden 47
Braunkohlenteer 98
Bremsarbeit, Ermittelung der . . 16
Bremsen der Motoren 15
Brennpetroleum 97
Buschbaum, G. August, Motorenfabrik, Darmstadt 48
Calorie, Erklärung 17
Chemische Energie 18. 110
Dampferzeugung, Energieverlust bei 29
Dampfkessel, Erklärung 28
—, Genehmigungspflicht der . . . 28
—, Polizeiliche Bestimmungen über Anlegung der 28
—, Regelmäßige Untersuchung der 28
—-Ueberwachungs-Vereine . . . 28
Dampfmaschine, Einführung in die Industrie 4, von Newcomen 27, von Watt 27, Wirtschaftlichkeit 29
Dampfkraftmaschinen, Anzahl . . 6
Dampfmotoren 35. 38. 89
Dampf-Spar-Motor (Gaggenau) . 37
Dauermagnete 111
Diagramm, Indikator- . . . 12. 18
Drahtseile, Wirkungsgrad für . . 19
Drehstrom, Erklärung 120
Drehstromelektromotor 9. 136
Dreiphasenwechselstrom 120
Dresdener Gasmotorenfabrik A.G. vorm. Moritz Hille . . . 93. 109
Druckluftmotoren, Anzahl . . . 6
Dürr-Motoren-Gesellschaft, Berlin . 108
Dynamomaschinen 110
Effektive Pferdestärke, Erklärung und Berechnung 17
Eisenburger Eisengießerei und Maschinen-Fabrik Alexander Monski 41
Eisenwerke Gaggenau, Akt.-Ges. . 35
Elektrische Energie 18. 110
Elektrizität, Umformung . 17. 18. 134
Elektrizitäts-A.G. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg 139
— — — W. Lahmeyer & Co., Frankfurt a. M. 139
—-Werke, Deutsche, Garbe, Lahmeyer & Co. zu Aachen . . . 129
—-Zähler 133
Elektromagnete 111
Elektromotoren 3. 6. 9. 128. 127. 139
—, Betriebskosten der . . . 137. 138
Energie, elektrische 18. 110

Energieverlust bei der Dampferzeugung 29
— in dem Abdampf 29
Erdöl 96
Erhaltung der Energie u. des Stoffes 18
Excelsiormotoren 109
Fein, A. & E., Stuttgart . . . 189
Gaskraftmaschinen, geschichtl. Entwickelung 49
—, Indikatordiagramm der . . . 55
—, wirtschaftl. Wirkungsgrad . . 53
Gasmaschinen 3
Gasmotor, Aufstellung 57
—, Berechnung der Pferdestärken . 57
—, In- und Außerbetriebsetzung . 67
—, Kühlgefäße 64. 84
—, Reinigung 66
Gasmotoren . . 67. 82. 87. 90. 93
Gasmotorenfabrik Deutz 50–67. 71. 78. 79. 100.
Gasolin 97
Geistige Arbeit, Erklärung der . . 1
— —, Wert der 2
Generator, Apparat für Kraftgas . 77
— für Sauggasmotoren 79
— — Wechselstrommaschinen . . 131
Gesetzgebung, sozialpolitische . . . 7
Gewerbeinspektion 28
Gleichstrom, Entstehung 117
Gleichstromelektromotor . . . 9. 122
Glührohr 55
Gnom 91
Grob, J. M. & Co., Leipzig-E. . 109
Großbetrieb, Konkurrenz mit Kleinbetrieb 7
—, Vergleich mit Kleinbetrieb . . 5
Großindustrie, Entwickelung der . . 4
Güteverhältnis, Erklärung . . . 17
Halbwassergasanlage 77
Hanfseile, Wirkungsgrad 19
Hauptschlußmaschinen 128
Heißluftmaschinen . . . 41. 47. 48
Hoffmeister-Altmann-Dampfmotor . 38
Hydrokarbür 98
Indikator, Erklärung 10
Indikatordiagramm, Erklärung . . 12
—, Ausmessung 14
Kappel, Maschinenfabrik 93
Karburator 103
Kilowatt 134. 137
Kleinbetriebe, Konkurrenz mit Großbetrieben 7
— Vergleich mit Großbetrieben . 5
Kleindampfmaschinen 33
Kleinindustrie, Entwickelung der . 4
Kommutator 117
Körting, Gebr., Hannover 82. 84. 85. 107
Kraft, Begriffserklärung 9
Kraftgasanlage 77
Kraftleitung, Berechnung des Verlustes 19. 129
Kraftlinien, Erklärung 110
Kraftmaschinen, belebte 3, Betriebe mit 6, Einteilung 8, Erklärung 3, lebende 3, für Elektrizität 3. 6. 9. 122, flüssige Brennstoffe 9. 95, gasförmige Brennstoffe 3. 9. 49, heiße Luft 8. 40, Wasser 3. 8. 23, Wasserdampf 3. 8. 27, Wärme 3. 8. 27, Wind 3. 8 26.
Kraftquelle, älteste 2
Krupp, Gasmotoren, System . . 87
Lebende Motoren 3. 8
Lichtenergie 18
Ligroin 97. 98. 99
Leichtöle 98
Leistung, indizierte 15
— eines Menschen 22
— — Pferdes 22
Leuchtgas, Zusammensetzung . . . 51
—, Heizwert 51
— Explosionsbereich 52
Magnetelektrischer Zündapparat . 101
Magnetisches Feld 110
Maschinenbau-A.G. vorm. Ph. Swiderski, Leipzig-Plagwitz . . . 109
Maschinenfabrik Kappel . . 93. 109
Mechanische Arbeit, Erklärung . . 1
— —, Wert der 2
— Arbeitsleistung des Mannes 6. 22
— — durch Maschinen 8
— Energie 18
Mechanisches Wärmeäquivalent . . 17
Mensch als Motor 8. 19
Mineralöle 97
Mittelöle 98
Monski, Alexander, Eilenburg . . 41
Motor, der Mensch als Motor . . 19
—, das Pferd als Motor . . . 22
Motoren, belebte 3, lebende 3, für Elektrizität 3. 6. 9. 122, flüssige Brennstoffe 9. 95, gasförmige Brennstoffe 3. 9. 49, heiße Luft 8. 40, Wasser 3. 8. 23, Wärme 3. 8. 27, Wind 3. 8. 26
Motorenfabrik Oberursel . . 90. 109
— Werdau 109
Motorfahrzeug- und Motorenfabrik Berlin A.G., Marienfelde . . . 109
Naphtha 98. 99
Nebenschlußmaschinen 128

Verbrennliche Dampfmaschine . . 27.
Vergaserkraft, Erklärung x. Berechnung 17
Verpuffungsgase 95
Volt 96
Voltmeter, Hitzdrahtinstrumente . 99. 100
—, Schaltungsweise 99
Voltmeterwage 97
Voltmeterwagen, Aichung . . . 6
—, Beschreibung 100
—, Berechnungen 106
Volt-Ampère 22
Voltzahl, Berechnung . . . 10
, Messung 17
, Angabe 15
Volumen 96
Vorgeschriebene Bestimmungen über Anlage und Betrieb von Dampfkesseln 29. 34. 39
Vorschaltwiderstand 109
Vulkan 96
Vulkanisierte Untersuchung der Isolierstoffe 28
Vorgelege der Heißluftmaschinen . 41
Wagnerische Gasmotorenfabrik A.-G. Herz & Co., Mannheim . 87. 109
Wagon-Gasolin-Heißluftmotor . . . 41
Wärmeeinheit, Wirkungsgrad . . . 19
Wärmeschutzmittel von Gebr. Körting . 84
Wärmezahl 96
Wallbaum'sche Motoren- und Maschinenfabrik Otto Böttner, Dresden . 47
Wasserbelastungsanlagen . 79. 85. 87. 89. 93
Wasserer & Groß, Nürnberg . . 39
Wasserstoffgebläse, Lichtenthal . . 33
Wasserstoffgas, C., Gasmotorenfab. Köln 93. 109
Wattmeter & Co., Elektr.-A.-G. vorm. 139
Wechselstromdynamomaschine . . . 31
Wechselstromgenerator 98
Weck, Fr., München 109
Sicherheitsanlaßkurbel der Gasmotorenfabrik Deutz 74
Siemens & Halske A.-G., Berlin . 127
Solarol 98
Sozialpolitische Gesetzgebung . . . 7
Spannung des Dampfes . . 12. 18
- elektrischen Stromes . 18. 120
Spar-Motor Gaggenau 35
Spiritus 99. 100
Spindelmotor, Berechnungen . . 106
Stromstärke 98
Stromstärkemesser 96
Stromzeiger, elektrische 110
Stromzeiger, Erklärung . . 18. 121
Stromwechselzähler, elektrische . . 110
Synchron. Drehstrom-A.-G. vorm. Schuckert & Co., elektrische . . 109
Tabelle, Belastung der . . . 26
Tabelle für Arbeit 8
Transformatoren 134
Ueberlastete Motoren 31
Umformung der Energie . . 18. 110
Verbrennungsgase . . . 30. 128
Verbrennungsmotoren 41
Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg 87
Vereinigte Motoren der Deutschen Motoren-Gesellschaft 105
Verkettende Zusammenschaltung der Verbrauchsstellen 139
Verlust 53
Volt, Erklärung 18. 121
Wärme als Kraftquelle 3
Wärmeäquivalent 17
Wärmeeinheit 17
Wärmekraftmaschinen . . . 3. 8. 27
Wirkungsgrad überlastet 31
—, Wärmeausnutzung 29
Wasserkraftmaschinen 6. 8
Wasserrad 23
Watt, Erklärung 17. 122
Watts Dampfmaschinen 27
Wechselstrom, Entwickelung . . . 115
Wechselstromgenerator . . . 9. 131. 136
Wert der Arbeit 2
Widerstände 9
Windmotoren, Windkraftmaschinen 6. 8. 26
Wirkungsgrad 17. 19. 24. 30. 35. 37. 46. 53. 80. 100. 128
Zahnräder, Wirkungsgrad . . . 19
Zentrale für Spiritusverwertung . 99
Zimmermann & Co., F., Halle . . 109
Zollfreiheit für Petroleumdestillate . 99
Zweiphasenwechselstrom 120

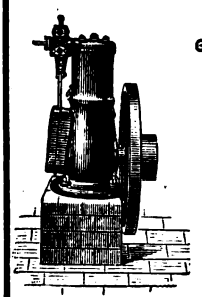
Druck von A. W. Hayn's Erben, Berlin und Potsdam

Dürr-Motoren-Gesellschaft

m. b. H.

BERLIN SW. 48, Friedrichstr. 16,

Fabrik: Eilenburg (Prov. Sachsen).



Dürr-Motor

Der beste Motor für Schlossereien, Tischlereien, Drechslereien, überhaupt **für das Kleingewerbe** ist der

stehende Dürr-Motor.

Derselbe wird sowohl für **Leuchtgas-** und **Sauggasbetrieb**, als auch für den Betrieb mittelst flüssiger Brennstoffe: **Benzin, Petroleum, Spiritus** etc. geliefert.

Spezialität: Dürr-Spiritusmotoren,

geruchlos und geräuschlos arbeitend.

Die Dürrmotoren zeichnen sich aus durch **geringen Raumbedarf, äusserst solide Bauart, einfache Bedienung, grösste Betriebssicherheit** und **geringe Betriebskosten.**

Dürr-Lokomobilen

für flüssige Brennstoffe,

ruhiger Gang,
geringes Gewicht,
niedrige Betriebskosten.

Vielfach prämiirt.

Dürr-Lokomobile.

Dürr-Vergaser

(siehe Seite 108 dieses Buches)

eignen sich **zur Umänderung** von Petroleummotoren und -Lokomobilen **für Spiritusbetrieb.**

Telegr.-Adr.: Dürrmotoren Berlin. **Telephon: VI, 2624.**

Als der **beste Motor** für die Kleinindustrie gilt

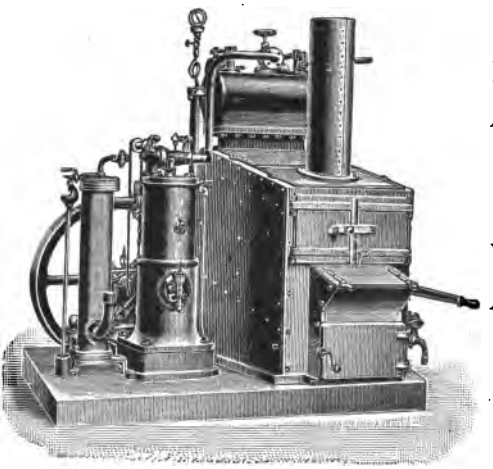
der

Gaggenauer Dampf-Sparmotor.

Derselbe hat durch stetige Verbesserungen einen Weltruf bekommen, der auch durch Ausführung von ca. 3000 Anlagen und seine ausserordentlich billige Dampf- und Kraft-Erzeugung berechtigt ist.

Ausführung von 1 bis 30 Pferdekräften

Die Dampfspannung wird automatisch und vollständig zuverlässig reguliert.



Kostenfreie Abgabe von heissem, reinem Wasser und Abdampf für Dampfheizungen.

Für Feuerung mit Kohlen, Torf, **Holzabfällen,** Gerberlohe u. dgl.

Vollständig verlässlicher, höchst bequemer und gleichmässiger Betrieb. Rasche Ingangsetzung. Geringste Wartung. Betrieb geräusch- und geruchlos, geringste Betriebskosten und Anschaffungspreise.

Fernere Spezialität:

Liegende Dampfmaschinen System Rider von 20 Pferdekräften an.

Eisenwerke Gaggenau, Aktiengesellschaft,

Gaggenau, Baden.

Deutsche Elektrizitäts-Werke zu Aachen

.... Garbe, Lahmeyer & Co. ....

Aktiengesellschaft.

Grösste Spezial-Fabrik für Dynamomaschinen und Elektromotoren.

Grösste Spezial-Fabrik für Dynamomaschinen und Elektromotoren.

DYNAMOMASCHINEN

und

* Elektromotoren *

in jeder Leistung und Spannung

für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom.

Vertreten durch Ingenieur-Installations-Geschäfte

in allen Provinzen und Staaten Deutschlands sowie des Auslandes.

Elektrizitäts-Actien-Gesellschaft

vormals

W. Lahmeyer & Co.

Frankfurt a. Main.

Bureaux in

Berlin, Breslau, Dresden, Duisburg, Gleiwitz, Gotha, Hagen, Halle, Hamburg, St. Johann, Karlsruhe, Köln, München, Nürnberg, Stettin, Stuttgart.

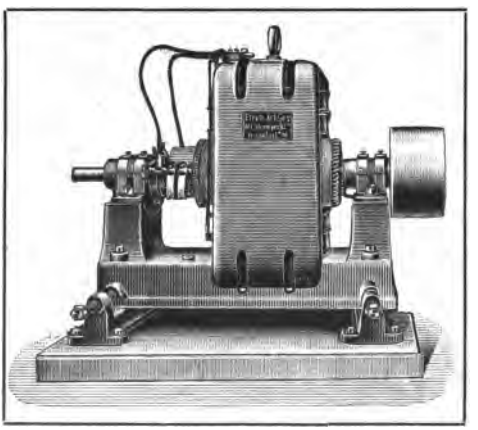
Brüssel, Bucarest, Kiew, Moskau, St. Petersburg, Warschau, London, Mailand.

Elektr. Kraft-Erzeugungs- u. Verteilungs-Anlagen

für gewerbliche Betriebe aller Art.

Specialfabrik für Kleinmotoren.

Erstklassig.



Preiswert.

Gleichstrom-Motor, Type NA.

Neueste Konstruktion.

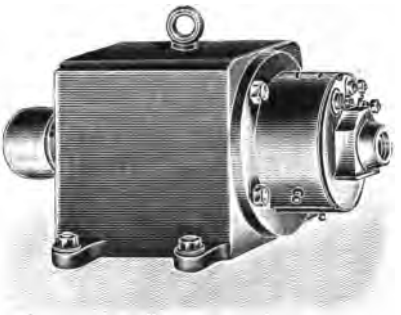
Kostenanschläge gratis. Preislisten stehen zur Verfügung.

Wichler & Sannig,

Leipzig-Lindenau.

Spezialfabrik von

Elektromotoren für den Kleinbetrieb.



Ausschliessliche Spezialität, daher

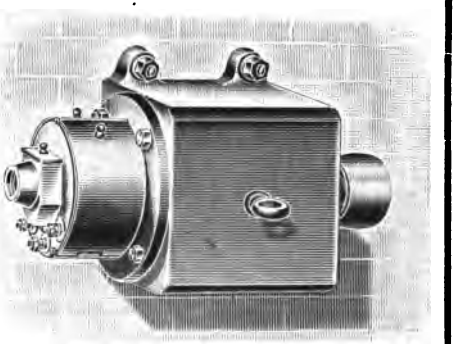
billigste Preise!

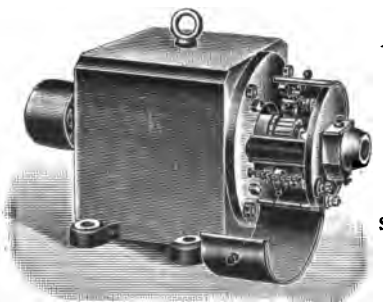
Gehäuse aus einem Stück.

Hohe Ueberlastungsfähigkeit.

Geschlossene Bauart.

Preislisten, welche ausführliche Beschreibungen der billigsten Einzel-Antriebe enthalten, stehen Interessenten gratis und franko zur Verfügung.





An der Wand, an der Decke, am Fussboden montierbar.

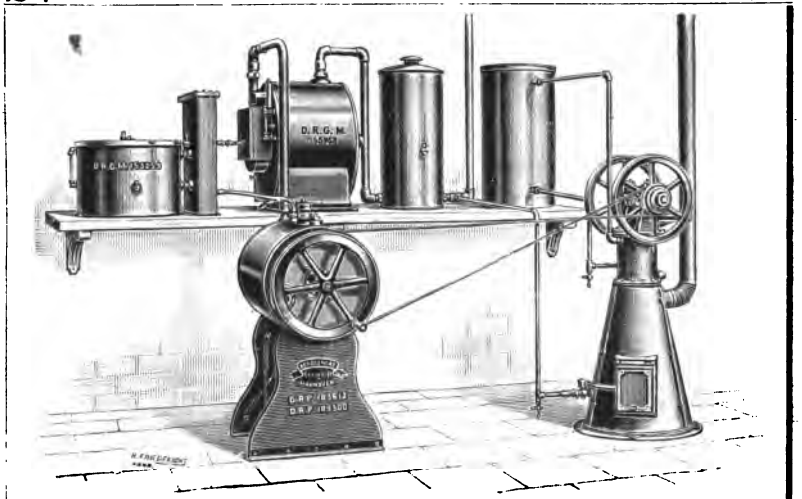
Niedrige Fracht- und Zollspesen infolge geringen Gewichts!

Aerogengas, Ges. m. b. H., Hannover

baut als einzige Spezialität

Gaserzeuger,

ganz besonders geeignet für Gewerbetreibende, Fabriken, Handwerker etc., welche in kleinen Orten ohne Beleuchtungscentralen wohnen.



Aerogengasapparate liefern ausser dem billigsten **Licht** der Gegenwart auch Gas zum **Heizen** und für **Gasmotorenbetrieb.**

Ausführung von Anlagen für einzelne Häuser, ganze Ortschaften, kleine Städte etc.

Kostenanschläge gratis und franko.

Feinste Referenzen Langjährige Garantien auch für den Preis des Vergasungsstoffes.

Im Verlage
von
A. Seydel in **Berlin**
W. 8, Mohrenstr. 9
ist erschienen:

Die

Unfallverhütung
im
Dampfkesselbetriebe.

Eine für alle Leiter technischer und gewerblicher Betriebe höchst wichtige Schrift.

Empfohlen von namhaften Fachzeitschriften.

130 Seiten in Lex. 8° mit 201 Abb. im Text u. 4 lith. Tafeln, davon 2 in farbigem Druck.

Preis geh. M. 5,—, geb. M. 6,—.

Prospekt kostenfrei.

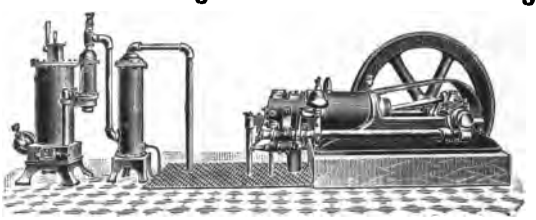
Maschinenbau-Actiengesellschaft

vorm. Ph. Swiderski, Leipzig.

Stationäre und Locomobile-Motoren

für Gas, Benzin, Petroleum und Spiritus.

Generator-Gasanlagen für Druck- und Sauggas.



Sauggas-Anlagen
sind im Betriebe
erstaunlich billig
und überall aufstellbar.

Sauggas-Anlagen
sind nach vorheriger Anmeldung
bei uns im Betriebe zu besichtigen.

Volle Garantie nach jeder Richtung hin.

Ein zweckmässig gewähltes Warenzeichen

gehört zu den wirksamsten Waffen, welche die neuere Gesetzgebung dem Kaufmann und dem Gewerbetreibenden für den Kampf mit der Konkurrenz in die Hand gegeben hat. Erschöpfende Information hierüber giebt ein von einem kompetenten Sachverständigen bearbeitetes Buch: „Die Praxis des Gesetzes zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894. Systematische Zusammenstellung der grundlegenden patentamtlichen und gerichtlichen Mitteilungen und Entscheidungen, einschliesslich der veröffentlichten Freizeichen" von M. Geitel, Reg.-Rat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts, Abt. für Warenzeichen, 335 S. 8°, Preis 6 Mk., geb. 7 Mk. Das Buch enthält in seinem I. Teil die in Betracht kommenden Gesetze, Verordnungen etc. einschl. der Begründung des Gesetzes zum Schutz der Warenbezeichnungen, im II. Teil über 500 der wichtigeren patentamtlichen und gerichtlichen Entscheidungen, sowie sämtliche bis Juli 1900 veröffentlichte Freizeichen (661) nach Warenklassen geordnet zusammengestellt und zwar diejenigen figürlichen Inhalts in Abbildungen. Ein ausführliches Sachregister erleichtert den Gebrauch des Werkes als Nachschlagebuch. Zu beziehen durch jede Buchhandlung sowie direkt vom Verlage Georg Siemens in Berlin W. 10.

☛ Allen Besitzern und Leitern gewerblich-technischer Betriebe, allen Werkstätten-Vorständen, allen technischen und Gewerbe-Vereinen zum Bezug empfohlen:

Gewerblich-Technischer Rathgeber

Zeitschrift für Unfallverhütung, Gewerbehygiene und Arbeiterwohlfahrt
sowie für
Einrichtung und Betrieb gewerblicher Anlagen.
Organ des Vereins deutscher Revisions-Ingenieure.

II. Jahrgang: 1. Juli 1902 bis 15. Juni 1903, 24 Hefte M. 10,—.
Vierteljährlich 6 Hefte M. 2,50. — Probehefte kostenfrei.

Zu beziehen durch alle Postanstalten, Buchhandlungen und direkt vom unterzeichneten Verlag. **Zu geschäftlichen Ankündigungen empfohlen!**

A. Seydel in Berlin W. 8.

☛ I. Jahrgang 1901 bis 1902 geb. M. 8,—. ☚

Metallindustrielle

RUNDSCHAU

Illustriertes Fachorgan für

Beleuchtung, Blech-, Metall-, Maschinen- und Werkzeug-Industrie, sowie für **Installation, Elektrotechnik und Metallisierung.**

Mit der 14tägigen Beilage „Glas und Porzellan".

Im **XII. Jahrgang** erscheinend ist die „Rundschau" eines der **ersten** Fachblätter der Branchen und als solches

ein sehr wirksames Insertions-Organ.

Ausser der ständigen Versendung an Abonnenten und Inserenten geht das Blatt im wechselweisen Versand in sorgfältigster Auswahl an **alle** Interessenten und finden Anzeigen dadurch auch die

weiteste Verbreitung.

Dem redaktionellen Teile widmen sich eine Reihe erster Kräfte und finden Besprechungen von hervorragenden Neuheiten, auch illustriert, **kostenlose** Aufnahme.

Abonnements-Preis:

durch die Post oder den Buchhandel pro Quartal M. 2.—
direkt unter Kreuzband innerhalb Deutschland und Oesterreich „ „ M. 3.—
für das Ausland „ „ M. 4.—

(Postzeitungskatalog Nr. 5048) Die Rundschau erscheint jeden Donnerstag.

Redaktion und Geschäftsstelle

Ludwig Ebner, Berlin W. 30, Nollendorfstr. 29/30.
Fernsprecher VI. 4838.

Im gleichen Verlage erschien:

Die deutsche Petroleum-Lampe in Wort u. Bild.

Eine Zusammenstellung der im Handel befindlichen Brenner und Cylinder von Petroleum-Lampen deutschen Ursprungs.
Zweite Auflage Mk. 2.—
Sämtliche im Handel befindlichen Petroleum- und Gas-Cylinder.
Ein Plakat in Gross-Format —.60.

Verlag von Georg Siemens in Berlin W. 10.

Central-Anlagen der Krafterzeugung für das Kleingewerbe.

Beschreibung der zur Zeit bekannten Gattungen und kritische Beleuchtung derselben in technischer und wirtschaftlicher Beziehung. Von **A. Klausmann**, Ingenieur in Braunschweig. Preisaufgabe des Vereins Deutscher Maschinen-Ingenieure. Fol. Mit 3 Tafeln. Preis M. 5.—

Die Automobilen, ihr Wesen und ihre Behandlung.

Herausgegeben von Dr. E. Müllendorff, Ing., und F. Kübel, Hauptmann a. D. Zweite erweiterte Auflage. Mit 32 in den Text gedruckten Abbildungen. Preis 1 M. 50 Pf.

„Bei der heutigen Bedeutung der Motorfahrzeuge für jedermann ungewöhnlich interessant und wegen der vorzüglichen Behandlung des Stoffes von hervorragend praktischer Bedeutung. Sehr empfehlenswert."
Neueste Erfindungen u. Erf. (v. Dr Koller) 26 J. No. 11.

Der elektrische Kraftwagen.

Theoretisch-praktisches Handbuch für Konstruktion, Bau und Betrieb elektrisch bewegter Fahrzeuge. Von H. W. Hellmann, Ingenieur in Berlin. Mit 225 in den Text gedruckten Abbildungen und einem Verzeichnis der Gleichstrom-Centralstationen in Deutschland. Preis geb. M. 8.—

Ein sowohl für Fabrikanten wie Besitzer elektrischer Kraftfahrzeuge gleich wichtiges Handbuch, das den Gegenstand erschöpfend behandelt

Das Wassergas und seine Verwendung in der Technik.

Von M. Geitel, Regierungsrath, Mitglied des Kaiserl. Patentamts. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage der vom Verein Deutscher Maschinen-Ingenieure preisgekrönten Schrift. Gr. 8°. 74 Abbildungen im Text. Preis M. 7.—, geb. M. 8.—

„— Das Werk Geitels ist mit erschöpfender Gründlichkeit geschrieben und wird nach wie vor als beste Bearbeitung des interessanten Gegenstandes gelten müssen."
Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen No. 532 (v. 15. VIII. 99).

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Georg Siemens in Berlin W. 10.

Der Materialien-Verwalter im Berg-, Hütten- und Maschinenwesen mit besonderer Rücksicht auf die Maschinenfabrikation. Von Otto Hartleib. 2. Auflage. 176 S. 8°. Mit einer Beilage, enthaltend Schemata der in der Materialien-Verwaltung gebräuchlichsten und in den meisten Betrieben verwendbaren Formulare. Preis geb. M. 4.—

Der industrielle Lohnbuchhalter und Kalkulator mit besonderer Rücksicht auf die Maschinenfabrikation. Von Otto Hartleib. 91 S. 8°. Mit 15 Anlagen (Schemata verschiedener Formulare). Preis geb. M. 2.50

Doppelte Spezial-Buchführung für Maschinenfabriken und verwandte Gewerbe. Von Otto Hartleib. 95 S. 8°. Preis geb. M. 3.—

Praktische Lohntabellen zum Gebrauch bei Akkord- und Lohnrechnungen für Maschinenfabriken und andere Gewerbe, für Beamte und Handwerker, sowie für alle Unternehmer, welche die Löhne nach Stunden berechnen. Von 2—60 Pfennige und 1—120 Stunden, für Viertelstunden und halbe Pfennige berechnet. Von Otto Hartleib. 2. Aufl. Preis geb. M. 2.—

Praktische einfache und doppelte Buchführung mit besonderer Rücksicht auf das Ziegelei-Gewerbe. Von Otto Hartleib. 103 S. 8°. Preis geb. M. 2.20

Die Buchführung des Handwerkers. Praktischer Leitfaden zum schnellen Erlernen derselben. Von Otto Hartleib. 93 S. 8°. Preis M. 1.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

89088906458

b89088906458a

Siemens in Berlin W. 10.

Kalkulationspreise

für die Industrie

mit besonderer Rücksicht auf den Maschinenbau.

Ein Handbuch

für

Kalkulationsbeamte, Techniker, Gewerbetreibende u. A.

von

Otto Hartleib.

400 S. 8°, mit einem über 1000 Stichworte umfassenden Sachregister.

Preis in Leinenband 9 M.

Das vorstehend angezeigte Buch enthält die Preise von: **Holz- und Holzwaren — Steine — Bau- und Verbindungsmaterialien — Metalle und Metallwaren — Armaturen, — Transmissionen — Werkzeuge — Dichtungsmaterialien — Chemikalien — Dampfkessel — Dampfmaschinen — Werkzeugmaschinen.**

Will man also wissen, was z. B. ein Pulsometer mit Dampfventil oder eine einfache Wasserwage in Holzfasssung oder sonst irgend ein in der Maschinen-Industrie vorkommender Artikel kostet, so findet man solche Fragen durch einfaches Nachschlagen in obigem Buche sofort prompt beantwortet.

Das Buch ist daher von grössten Nutzen für jeden industriellen Betrieb!

Populäre Vorlesungen

über

chemische Technologie

von

Dr. H. Wichelhaus,

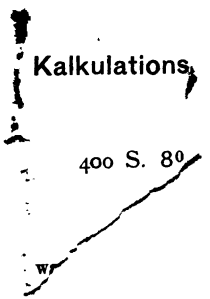
Geh. Regierungsrat, Professor und Direktor des technologischen Instituts der Universität Berlin.

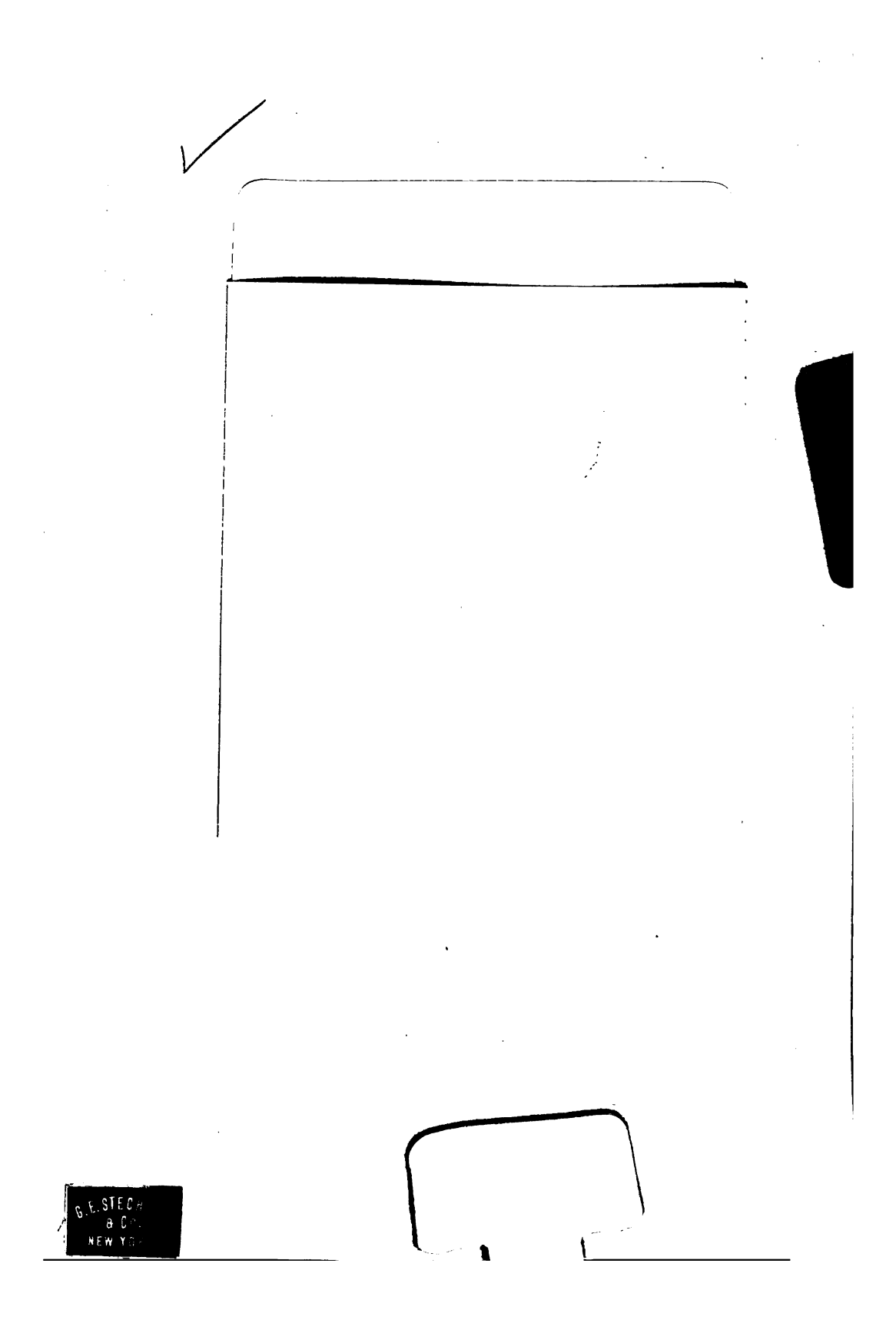
VIII u. 379 S. gr. 8°. Mit gegen 100 in den Text gedruckt. Abbildg.

Preis 10 M., in Leinenbd. 11 M., in eleg. Hlbfrzbd. 12 M.

„Das Buch gibt in leichtverständlicher Darstellung und erläutert durch zahlreiche Abbildungen eine Übersicht über die wichtigsten Rohstoffe der chemischen Technik, über ihr Vorkommen und ihre Eigenschaften, über die Apparate und Verfahren zu ihrer Verarbeitung und über die dabei gewonnenen Produkte und deren praktische Verwendung.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.


Kalkulations
400 S. 8⁰


G.E.STECH
& C
NEW Y